

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Marko Kolar

Zagreb, 2009

Zadatok

Zahvala

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici na posvećenom vremenu te mnogim korisnim savjetima.

Također zahvaljujem dipl.ing. Frani Franičeviću, ing.stroj. Darku Paviši i ostalim djelatnicima tvrtke RASCO d.o.o. na savjetima i prijedlogu teme za rad te dopuštenju uvida u tehničku i poslovnu dokumentaciju tvrtke.

Izjava

Ovom izjavom potvrđujem da sam ovaj rad izradio samostalno, uz stručnu pomoć prof. dr.sc. Zorana Kunice.

Marko Kolar

Sažetak

U ovom radu izvršeno je strukturiranje i oblikovanje novog proizvoda – hidrovozila, te oblikovanje njegovog procesa montaže za tvrtku RASCO d.o.o.

U prvom dijelu rada opisana je tvrtka, njen proizvodni program, postojeći objekti na lokaciji te tvrtkin proces razvoja i proces proizvodnje.

U drugom dijelu rada pristupilo se strukturiranju i oblikovanju hidrovozila, što je rađeno iterativnim postupkom. Pri tome treba naglasiti da su podaci o bilo kakvoj strukturi i geometriji proizvoda bili nepostojeći. Definirani su stablo strukture proizvoda i njegova strukturna sastavnica. Također, oblikovan je ukupno 21 ugradbeni element proizvoda u CAD programskom paketu, te je izvršeno njihovo sklapanje.

Nadalje, u trećem dijelu rada oblikovan je proces montaže za hidrovozilo. Najprije je odabrana vrsta montažnog sustava prema Boothroydu i Dewhurstu. Nakon toga određeni su redoslijed sklapanja, elementi rada i graf prethodnosti. Potom se pristupilo određivanju vremena sklapanja za četvrti, tehnički i vremenski najzahtjevniji stupanj ugradnje. Na temelju određenih vremena određen je potreban broj mjesta sklapanja za godišnju proizvodnu količinu od 500 komada, te je izvršena dodjela elemenata rada mjestima sklapanja. Na koncu je koncipiran sustav za završnu montažu proizvoda te je dan njegov prikaz.

SADRŽAJ

Zadatak	2
Zahvala.....	3
Izjava	4
Sažetak	5
Popis oznaka.....	8
Popis slika	9
Popis tablica	10
1. UVOD	11
2. PROIZVODNI PROGRAM I PROCES U PODUZEĆU ZA PROIZVODNJU KOMUNALNE OPREME	12
2.1. Tvrtka RASCO d.o.o.....	12
2.2. Makrolokacija, mikrolokacija i izgrađeni objekti tvrtke	14
2.3. Proizvodni program	22
2.4. Proces razvoja.....	27
2.5. Proces proizvodnje	28
3. STRUKTURIRANJE I OBLIKOVANJE NOVOG PROIZVODA	30
3.1. Opis strukture proizvoda	31
3.2. Oblikovanje ugradbenih elemenata	36
4. OBLIKOVANJE PROCESA MONTAŽE ZA NOVI PROIZVOD.....	44
4.1 Odabir montažne metode i sustava.....	45
4.2 Redoslijed sklapanja	48

4.3 Elementi rada i graf prethodnosti.....	51
4.4. Vremena sklapanja.....	58
4.5 Dodjela elemenata rada radnim mjestima	60
4.6. Prostorni raspored u završnoj montaži	62
5. ZAKLJUČAK.....	64
6. LITERATURA	67

Popis oznaka

c – takt montažnog sustava, s

K_{POT} – potrebni vremenski kapacitet, s/godina

K_{RM} – vremenski kapacitet po jednom radnom mjestu, s

MM sustav – mehanizirani ručni sustav

NA – broj različitih dijelova u proizvodu, komada

ND – broj dijelova u proizvodu kojima će se promijeniti dizajn u prve tri godine, komada

NP – broj različitih proizvoda koje će sklapati u prve tri godine u osnovi istim montažnim sustavom, komada

n_{RM} – broj radnih mjesta

n_s – broj smjena

NT – ukupan broj dijelova proizvoda uključujući i one za tvorbu varijanti, komada

QE – investicijska sredstva tvrtke, za zamjenu jednog radnika u montaži, u jednoj smjeni, USD

RI – investicijska sposobnost tvrtke

SH – broj radnih smjena

t_1 – ukupno vrijeme za sklapanje proizvoda, s

t_D – vrijeme trajanja radne godine, s

VS – godišnja proizvodna količina po smjeni, u milijunima komada

WA – godišnja cijena jednog radnika u montaži uključujući i režijske troškove, USD

η_R – stupanj iskorištenja radne snage

η_T – stupanj tehničkog iskorištenja opreme

Popis slika

Slika 2.1. Raspored elemenata na mikrolokaciji [3]	15
Slika 2.2. Tlocrt prizemlja hale I [3]	16
Slika 2.3. Tlocrt kata hale I [3]	17
Slika 2.4. Tlocrt prizemlja hale II [3]	18
Slika 2.5. Tlocrt prizemlja hale III [3]	19
Slika 2.6. Tlocrt kata hale III [3]	20
Slika 2.7. Tlocrt hale IV [3]	21
Slika 2.8. Prednja kranska kosilica PRK [3]	24
Slika 2.9. Prednja kranska kosilica KLOK [3]	24
Slika 2.10. Prednja kranska kosilica KRKA [3]	25
Slika 2.11. Četka za čišćenje kolnika MKN [3]	25
Slika 2.12. Vučni posipač MINI [3]	26
Slika 2.13. Posipač soli JUNIOR [3]	26
Slika 3.1. Stablo strukture	33
Slika 3.2. Izometrija hidrovozila	39
Slika 3.3. Pogled sa strane	39
Slika 3.4. Pogled odozgo	40
Slika 3.5. Pogled odozdo	40
Slika 3.6. Pogled sprijeda	41
Slika 3.7. Pogled straga	41
Slika 3.8. Podvozje s agregatima	42
Slika 3.9. Renderirana izometrija hidrovozila	42
Slika 3.10. Renderirani pogled odozdo	43
Slika 4.1. Postupak projektiranja proizvodnog sustava [5]	44
Slika 4.2. DFA -- Karta 1 [5]	47
Slika 4.3. Redoslijed sklapanja	50
Slika 4.4. Graf prethodnosti	56
Slika 4.5. Vremena izvršavanja elemenata rada četvrtog stupnja ugradnje	60
Slika 4.6 Koncept završne montaže	63

Popis tablica

Tablica 2.1. Proizvodni program tvrtke	23
Tablica 3.1. Strukturna sastavnica.....	34
Tablica 4.1. Plan montaže	52

1. UVOD

Proizvodni je sustav složena socijalna i materijalna tvorevina kojom se obnosi proces stvaranja vrijednosti – materijalnih i inih dobara. [1] Proizvodnja je proces povećanja vrijednosti dobara – sirovina, poluproizvoda ili proizvoda, a rezultat proizvodnje je poluproizvod koji je namijenjen drugom proizvođaču koji ga koristi kao sirovinu ili gotovi proizvod koji je namijenjen krajnjem potrošaču. Proizvodnja je oduvijek bila način ostvarivanja profita. Današnje tržište je zasićeno različitim proizvodima, što, uz postojanje vrlo jake konkurencije, uvjetuje da proizvodnja sama po sebi nije dovoljna za opstanak tvrtke. Zbog toga današnji proizvođači, bez obzira na opseg njihove proizvodnje, ulažu značajna sredstva i napore u razvoj novih, boljih proizvoda koji im omogućuju da što bolje konkuriraju za bolji položaj na tržištu.

Razvoj proizvoda je interdisciplinarna i multidisciplinarna djelatnost koja se sastoji od koncipiranja, oblikovanja, detaljiranja te ispitivanja i dorade novog proizvoda [2]. Prilikom razvoja novog proizvoda vrlo je važno da se vodi računa o budućem položaju tog proizvoda na tržištu. Potrebno je prepoznati kvalitetne ideje vlastitog razvojnog tima i razumjeti ciljeve i mogućnosti konkurencije, što nije nimalo lako i predstavlja glavni problem razvoja novog proizvoda. Zbog toga je i planiranje poslovanja, pronalaženje poslovnog potencijala, pronalaženje samog proizvoda koji želimo razviti i definiranje njegovog projektnog zadatka usko povezano sa koncipiranjem i razvojem samog proizvoda. Današnji razvoj proizvoda uvelike je olakšan postojanjem CAD aplikacija koje omogućuju korištenje virtualnih umjesto fizičkih modela i lagano stvaranje informacijskog modela proizvoda.

Tvrtka RASCO d.o.o. uvidjela je mogućnost razvoja i proizvodnje potpuno novog proizvoda – hidrovozila, koje se zasniva na već postojećim sličnim proizvodima konkurencije. Hidrovozilo je namijenjeno čišćenju cesta i putova te održavanju zelenih površina. Kako bi osigurali profitabilnost vlastite investicije, tvrtka je uložila značajne napore u njegov razvoj te projektiranje procesa proizvodnje i montaže. Zbog navedenog, tvrtka RASCO d.o.o. odabrana je kao pogodna za izradu ovog rada.

2. PROIZVODNI PROGRAM I PROCES U PODUZEĆU ZA PROIZVODNJU KOMUNALNE OPREME

2.1. Tvrtka RASCO d.o.o.

Tvrtka RASCO d.o.o. [3] osnovana je 1990. godine. Usmjerenjem na proizvodnju strojeva i opreme za usko segmentirano tržište -- sofisticiranih strojeva i priključnih uređaja za održavanje prometnica u ljetnom i zimskom periodu, zapošljavanjem visokoobrazovanih i stručnih kadrova, te oslanjanjem na vlastite snage, znanje i iskustvo, tvrtka je doživjela izuzetnu ekspanziju i od male zanatske radnje prerasla u trgovačko društvo poznato po visokoj kvaliteti proizvoda, konkurentnim cijenama i profesionalnom odnosu prema kupcima u Hrvatskoj i inozemstvu.

Tvrtka trenutno zapošljava 96 radnika, od čega je 20 stručnjaka sa visokom i višom stručnom spremom strojarskog, elektrotehničkog i ekonomskog usmjerenja. Svi radnici u proizvodnji su VKV i KV tehničkog usmjerenja. Djelatnici se redovito usavršavaju i obrazuju, a tvrtka stipendira i školuje vlastite kadrove.

Sustav ISO 9001 je uveden u poslovanje tvrtke još 2001., a krajem 2003. godine sustav je revidiran prema normi ISO 9001:2000. Na taj način, organizacija tvrtke usklađena je prema svjetskim mjerilima, otklonjena su uska grla u proizvodnji i postignuta viša produktivnost.

Kupac uz isporučeni stroj dobiva detaljan katalog rezervnih dijelova i putem kataloških brojeva može naručiti potrebne zamjenske dijelove. Servisna podrška je značajan segment poslovanja tvrtke, o kojem se vodi posebna pažnja. Stručna ekipa serviseru u svakom je trenutku na raspolaganju i spremna za intervenciju na terenu.

Tvrtka ima i skladište s velikim izborom rezervnih dijelova iz vlastitog i zastupničkog prodajnog programa opreme i uređaja za zimsko i ljetno održavanje. U skladištu rezervnih dijelova za zimsko održavanje prometnica mogu se nabaviti svi rezervni dijelovi iz vlastitog proizvodnog programa svih tipova posipača te dijelom i drugih proizvođača. Iz skladišta se mogu nabaviti i svi rezervni dijelovi za snježne plugove iz

vlastite proizvodnje te velik broj različitih tipova i veličina noževa za snježne plugove drugih proizvođača. Za ljetno održavanje tvrtka RASCO d.o.o. nudi velik broj različitih tipova i veličina noževa za kranske kosilice i rotošitnice vlastite proizvodnje i proizvodnje drugih proizvođača.

Tvrtka ujedno vrši i usluge balansiranja rotora glava za košnju kranskih kosilica i rotošitnica.

Za rotacijske silosne posipače obavljaju se i podešavanja posipača za što se izdaju i ovlašteni dokumenti.

Tvrtka je također, kroz sustav upravljanja kvalitetom i primjenom važećih normi, zakona i propisa, odgovorna za zdravlje i sigurnost svih zaposlenika, te primjerenu zaštitu okoline.

2.2. Makrolokacija, mikrolokacija i izgrađeni objekti tvrtke

Tvrtka je smještena u sjeveroistočnoj Hrvatskoj. Nalazi se na mikrolokaciji smještenoj nedaleko središta mjesta Kalinovac, u blizini grada Đurđevca. S južne strane naslanja se na magistralnu cestu Varaždin–Osijek. U neposrednoj blizini nalazi se željeznički kolodvor. S istočne strane se nalazi uža mjesna cesta koja vodi prema centru Kalinovca. Zapadno i sjeverno od položaja nalaze se privatni objekti. Na mikrolokaciju se s magistralne ceste može ući samo na jedan, glavni, ulaz, kojim se odvija cjelokupni transport, kako ljudi tako i transport robe. Odmah uz ulaz nalazi se i asfaltirano parkiralište za osobne automobile djelatnika tvrtke. Transportni putovi na mikrolokaciji su asfaltirani i široki 10 metara. [3]

Na mikrolokaciji se nalaze četiri hale (Slika 2.1).

Hala I (1) sastoji se od tri broda. Dužine je 37 m, a širine 27 m. Korisna visina bočnih brodova je 8 m, a središnjeg broda 10 m. U njoj se nalazi strojna obrada, preše, servis hidraulike, balansirka, ured prodaje, kuhinja i restoran. Na katu su uredski prostori. Tlocrt hale I s razmještajem opreme prikazan je slikama 2.2 i 2.3.

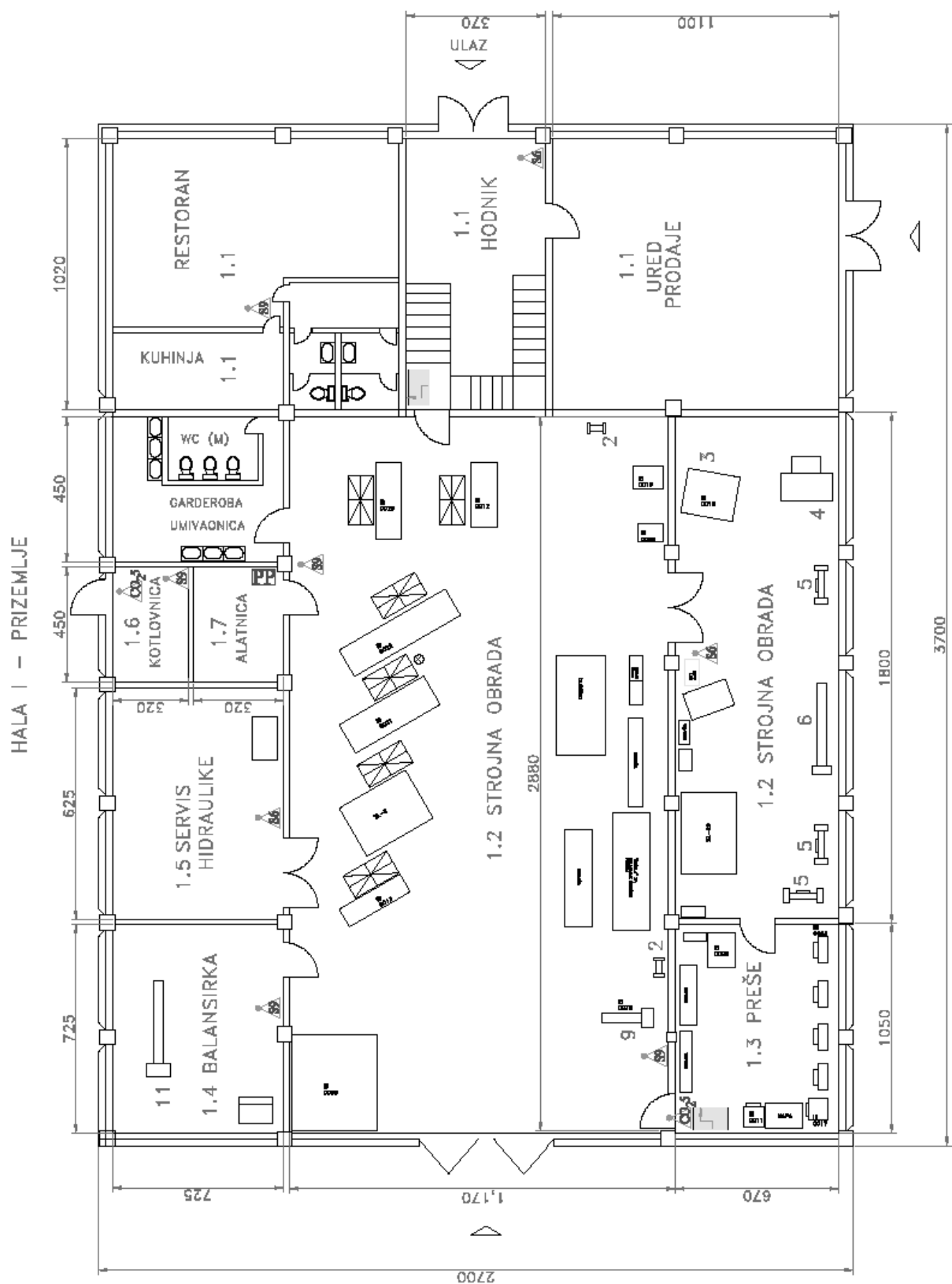
Hala II (2) je jednobrodna hala širine 30 m i dužine 50 m. Korisna visina joj je 8 m. Dio površine je pod nadstrešnicama. U hali se nalaze skladišta, komora za termolakiranje, plazma rezalica te prostor u kojem se vrši montaža. Tlocrt hale II s razmještajem opreme prikazan je slikom 2.4.

Hala III (3) je dvobrodna hala širine 41 m i dužine 61 m. Korisna visina joj je 12 m. U hali se nalaze zavarivačka mjesta, roboti za zavarivanje, apkant preše, plazma rezalica, montažna graba, elektro servis, servis hidraulike, prostor za servis i ugradnju, uredski prostori, arhiv, blagovaonica i kuhinja. Na katu se nalaze uredi direktora, predsjednika uprave, kotlovnica, sala za sastanke, komunikacijska soba i prezentacijska dvorana. Tlocrt hale s razmještajem opreme prikazan je slikama 2.5. i 2.6.

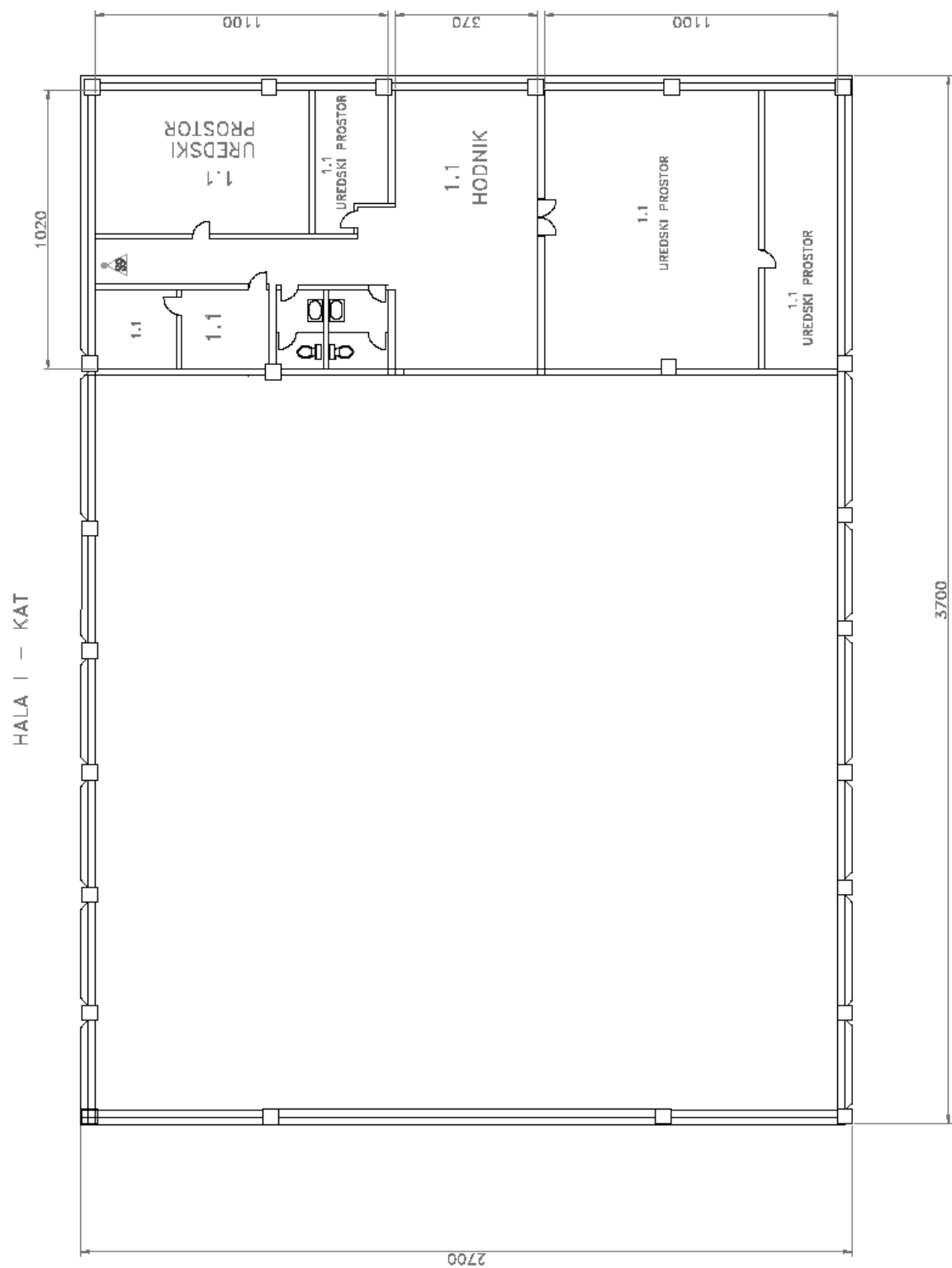
Hala IV (4) je dvobrodna hala širine 13,5 m i dužine 24,5 m. Korisna visina joj je 8 m. U njoj se nalaze komora sa sačmarenje i komora za termolakiranje. Tlocrt hale s rasporedom opreme prikazan je slikom 2.7. [3]



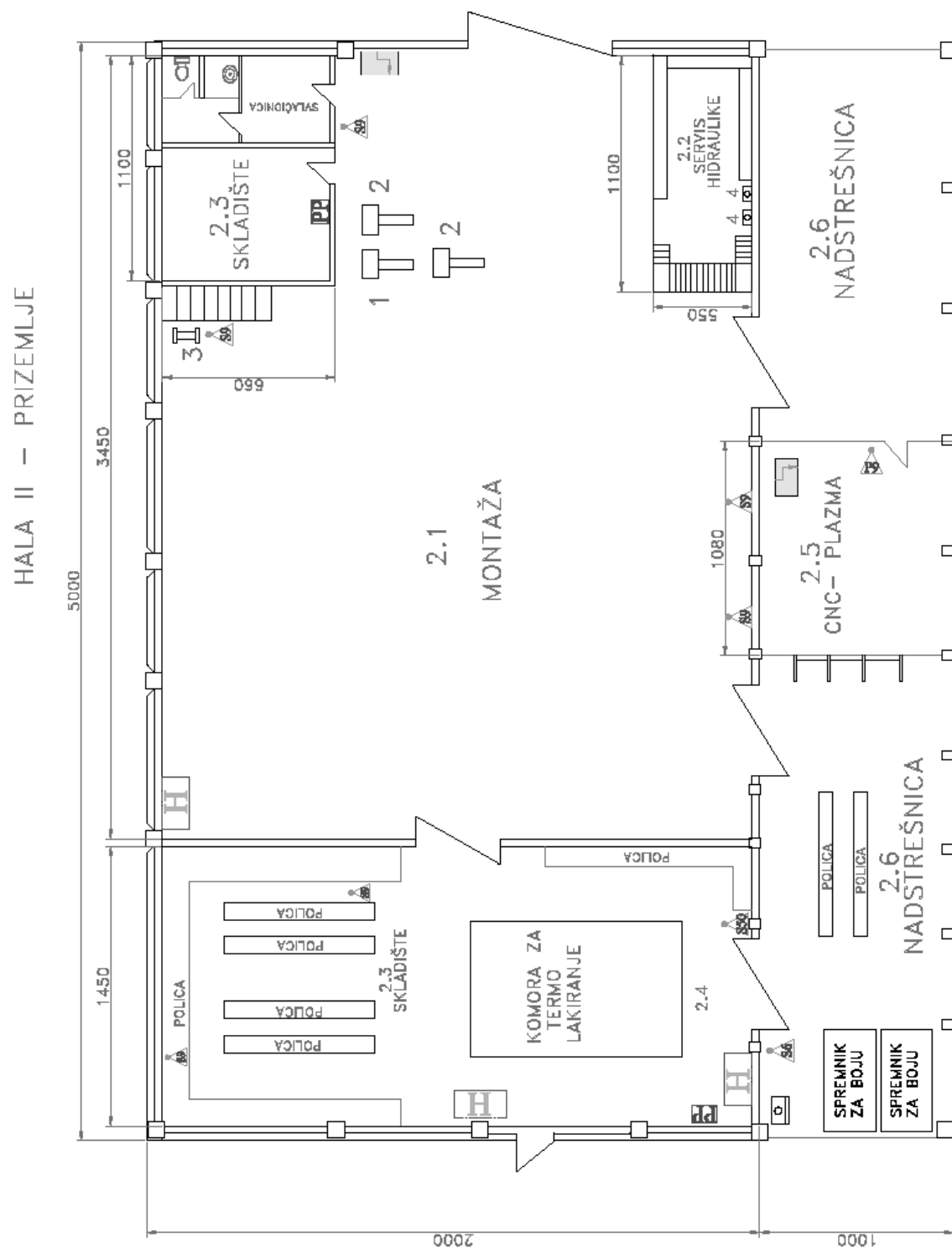
Slika 2.1. Raspored elemenata na mikrolokaciji [3]



Slika 2.2. Tlocrt prizemlja hale I [3]



Slika 2.3. Tlocrt kata hale I [3]



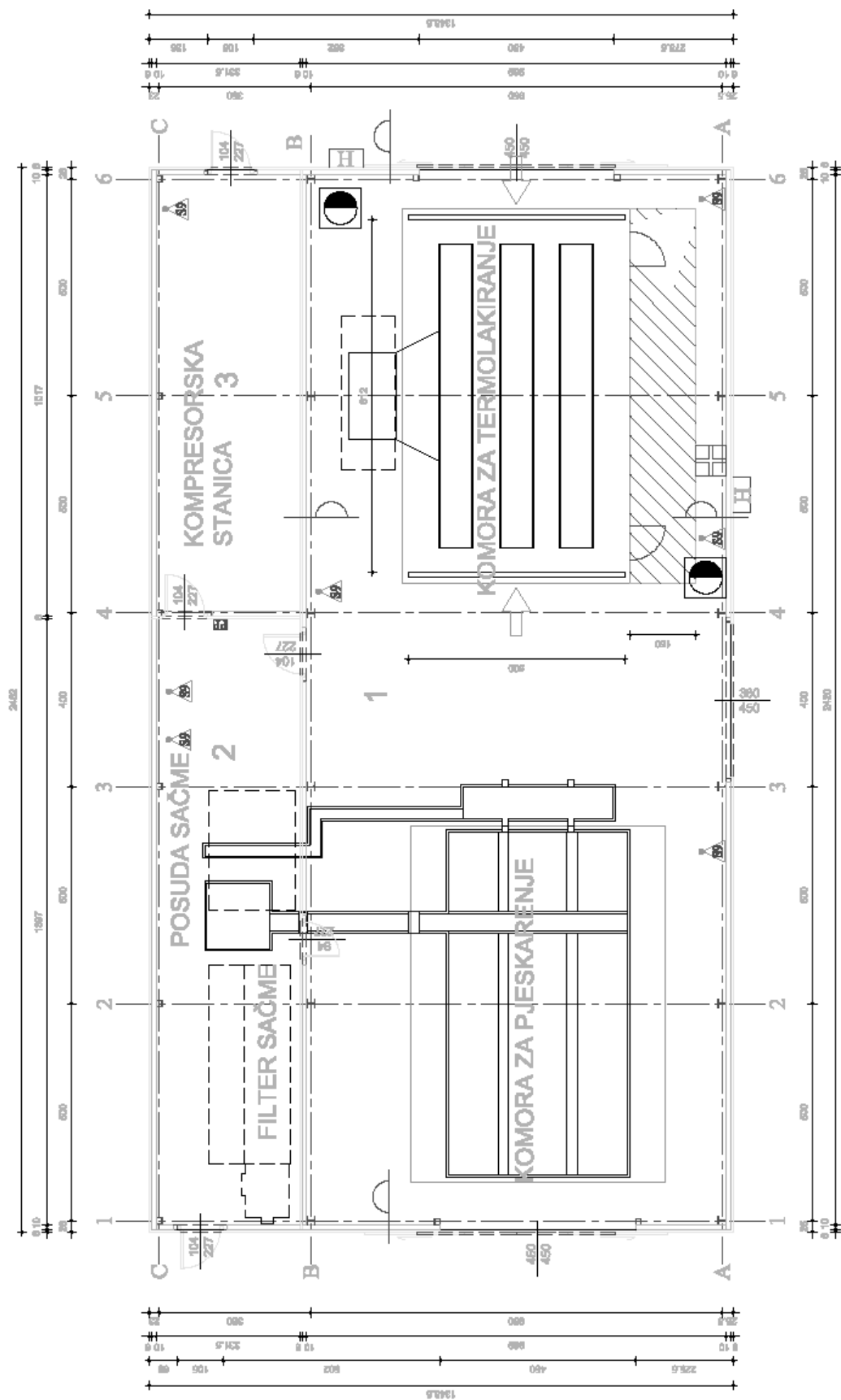
Slika 2.4. Tlocrt prizemlja hale II [3]

Architectural floor plan of the first floor of a building. The plan shows various rooms including a large hall (1), a reception area (2), a conference room (3), a meeting room (4), a kitchen (5), a dining area (6), a lounge (7), a library (8), a study (9), a computer lab (10), a storage room (11), a rest area (12), a bathroom (13), a staircase (14), and a staircase (15). The plan also shows a central corridor and a large open area (16). The building is oriented with North at the top. The plan is labeled 'Piano 1' and 'Piano 2'.

Slika 2.5. Tlocrt prizemlja hale III [3]

The architectural floor plan of the first floor of the 'Kongresni i konferencijski centar' in Zagreb is divided into several functional areas. On the left is a large hall labeled 'SALA ZA OKUPAJANJE'. To its right is a central corridor labeled 'KORIDOR'. Further right are several smaller rooms: 'LOKAL', 'PRIGLASITELJSKA Dvorana', 'PREZENTACIJSKA Dvorana', and 'LOKAL'. The plan also includes a staircase and various service areas. The overall layout is rectangular, with dimensions of 100m by 100m.

Slika 2.6. Tlocrt kata hale III [3]



Slika 2.7. Tlocrt hale IV [3]

2.3. Proizvodni program

Proizvodni se program komunalne opreme dijeli na ljetni i zimski (Tablica 2.1). U proizvode namijenjene za ljetno održavanje prometnica spadaju: kranske kosilice, priključni uređaji za univerzalnu kransku ruku, četke za čišćenje kolnika i ostali uređaji. Proizvodi namijenjeni zimskom održavanju prometnica jesu: snježni plugovi, posipači soli te ostali uređaji za rad u zimskoj službi, kao što je uređaj za pripremu sredstva za mokro posipanje. Detaljan proizvodni program tvrtke dan je u nastavku. Uređaji koji se mogu priključiti na hidrostatsko vozilo prikazani su slikama 2.8 do 2.13. [3]

Proizvodne količine pojedinih proizvoda nisu dostupne zbog politike tvrtke koja smatra da su one poslovna tajna. Procjena je da se proizvodne količine broje u stotinama komada, a proizvodi koji se najviše proizvode jesu posipači soli te snježni plugovi.

Tablica 2.1. Proizvodni program tvrtke

LJETNI PROGRAM		
KRANSKE KOSILICE	PRIKLJUČNI UREĐAJI	OSTALI UREĐAJI
Prednja kranska kosilica PRK (Slika 2.8Slika 2.8)	Radna glava za košnju TORNADO L	Četka za kolnik MKN (Slika 2.11)
Prednja kranska kosilica KLOK (Slika 2.9Slika 2.9)	Radna glava za košnju TORNADO S	Rotosjekač RS
Prednja kranska kosilica KRKA (Slika 2.10)	Radna glava za košnju RKR	
Bočna kranska kosilica BRK	Škare za rezanje granja SRG	
Bočna kranska teleskopska kosilica BRKT	Kanaločistač KAN	
Stražnja kranska kosilica SRK	Bočna četka BM	
ZIMSKI PROGRAM		
SNJEŽNI PLUGOVI	POSIPAČI SOLI	OSTALI UREĐAJI
Snježni plug - grejder SPG	Vučni posipač MINI (Slika 2.12)	Uređaj za pripremu sredstva za mokro posipanje MMS
Snježni plug SPT	Traktorski samoutovarni posipač TRP	
Snježni plug TRAC	Posipač soli JUNIOR (Slika 2.13)	
Snježni plug KOMBI	Posipač soli SOLID X	
Snježni plug MOSOR	Posipač soli SOLID T	
Snježni plug KALNIK		
Snježni plug VELEBIT		
Snježni plug SPB		



Slika 2.8. Prednja kranska kosilica PRK [3]



Slika 2.9. Prednja kranska kosilica KLOK [3]



Slika 2.10. Prednja kranska kosilica KRKA [3]



Slika 2.11. Četka za čiščenje kolnika MKN [3]



Slika 2.12. Vučni posipač MINI [3]



Slika 2.13. Posipač soli JUNIOR [3]

2.4. Proces razvoja

Svrha vlastitog razvoja je stvoriti uvjete za proizvodnju proizvoda koji zadovoljavaju ili premašuju želje kupaca s ciljem konkurentске prednosti na tržištu. [3]

Ulazni zahtjevi kod procesa razvoja jesu: zahtjevi na proizvod izraženi od strane uprave i zahtjevi kupaca izraženi posredstvom odjela prodaje. Kao izlazni zahtjev postavlja se ispunjenje ulaznih zahtjeva.

Za proces razvoja u tvrtki nadležan je poseban razvojni odjel. Razvoj se odvija uz pomoć: ljudi, uredske opreme, softvera, stručne literature (priručnici, tablice, katalozi proizvođača dijelova, časopisi).

Pravila koja se moraju provoditi su: pravila struke (norme, propisi, recepture, upute i slično), interni propisi integrirani u dokumentaciju kvalitete (postupci, radne upute, zapisnici, specifikacije...), zakoni i propisi na snazi u RH (Zakon o zaštiti na radu, Zakon o zaštiti okoliša...).

Korisnici rezultata procesa razvoja jesu proizvodnja (rezultat razvoja u vidu konstrukcijsko-tehnološke dokumentacije prototipa ulaz je odjelu tehnologije), i prodaja (novorazvijeni proizvodi ili rekonstrukcije proizvoda osnova su odjelu za informiranje zainteresiranih i/ili potencijalnih kupaca).

Proces razvoja se može podijeliti na slijedeće podprocesе:

- priprema razvoja,
- izrada idejnog projekta,
- izrada tehničke (prototipne) dokumentacije,
- izrada prototipa,
- ispitivanje i kontrola prototipa.

2.5. Proces proizvodnje

Svrha i cilj procesa je ostvariti godišnji plan proizvodnje gotovih uređaja i rezervnih dijelova, te dobiti proizvod prepoznatljive kvalitete koji će u potpunosti ispuniti zahtjeve kupca. [3]

Ulazni zahtjevi na proces proizvodnje su: analiza proizvodnje, zahtjevi kupaca izraženi posredstvom odjela prodaje, zahtjevi na proizvod izraženi od strane razvoja. Izlazni zahtjevi su: ispunjenje ulaznih zahtjeva, ispitan i kontroliran gotovi proizvod – uređaj, izvješća i analize proizvodnje.

Proces proizvodnje odvija se uz pomoć: ljudi, strojeva i uređaja, alata i naprava, mjernih uređaja, kvalitetnih repromaterijala, objekata s pripadajućom infrastrukturom, energenata, kooperacije.

Neophodna pravila u procesu proizvodnje jesu: kontrolirana i odobrena konstrukcijsko-tehnološka dokumentacija (rezultat razvoja – crteži, operacijske liste, normativi...), pravila struke (norme, propisi, recepture, upute i slično.), interni propisi integrirani u dokumentaciju kvalitete (postupci, redne upute, *check* liste, zapisnici, specifikacije...), zakoni i propisi na snazi u RH (Zakon o zaštiti na radu, Zakon o zaštiti okoliša...).

Korisnici rezultata su kupci (tehnički kvalitetno izveden i funkcionalan uređaj ili ogovarajući rezervni dio proizveden uz minimum praznog hoda tj. minimalne troškove temelj je ispunjenja zahtjeva kupca), zaposlenici (prodaja i naplata proizvedenog uređaja ili rezervnog dijela temelj je mogućnosti uprave u ostvarivanju svih zaposleničkih prava definiranih Pravilnikom o radu, te Zakonom o radu), dobavljači i kooperanti (ugradnja dobavljenih repromaterijala i komponenti koje ispunjavaju postavljene zahtjeve predstavlja temelj za pozitivan razvoj partnerskih odnosa radi kreiranja nove vrijednosti s obje strane), vlasnici (prodaja i naplata uređaja ili rezervnog dijela, proizvedenog uz minimalne troškove jamči vlasnicima trajan pozitivan poslovni rezultat), šira društvena zajednica (ispunjavanjem zahtjeva ostalih zainteresiranih strana ostvaruje se trajan direktan i indirektan utjecaj i na širu društvenu zajednicu).

Proces proizvodnje može se podijeliti na slijedeće podprocese:

- planiranje i priprema proizvodnje,

- proizvodnja dijelova i sklopova,
- površinska zaštita,
- montaža i završni pregled i ispitivanje,
- analiza proizvodnje.

3. STRUKTURIRANJE I OBLIKOVANJE NOVOG PROIZVODA

Proizvod koji će se strukturirati i oblikovati jest hidrovozilo – vozilo koje kao pogon koristi kontinuirani hidrostatski pogon s dvije brzine. Vozilo će biti namijenjeno čišćenju cesta i putova, te održavanja zelenih površina. Imat će mogućnost priključivanja dodatnih uređaja koji će povećavati njegovu funkcionalnost. Ovakav proizvod ima veliki tržišni potencijal kako u Hrvatskoj tako i u inozemstvu. Također, neke uređaje koji su već dio proizvodnog programa tvrtke moguće je priključiti na ovakvo vozilo, što bi rezultiralo boljom prodajom tih uređaja. Proizvodit će se 500 komada vozila godišnje, što je manje od potraživanih količina (projektiranim procesom i sustavom sklapanja, mora se stoga omogućiti očekivani prelazak na sklapanje povećanih proizvodnih količina).

Sustav hidrostatskog prijenosa sastoji se od pumpe visokog tlaka, hidropogona, rezervoara (spremnika) ulja i ventila, međusobno povezanih cijevima u hidraulički krug. Prijenos snage izvodi se na principu tlaka ulja. Pumpa pokretana diesel motorom crpe ulje iz spremnika i distribuira ga pod visokim tlakom kroz cijevi sustava u hidropogone, iz kojih se ulje opet vraća u spremnik (cirkulacija ulja). Protok ulja pod visokim tlakom kroz hidropogon uzrokuje rotaciju hidropogona. Broj okretaja je proporcionalan brzini rada pumpe. Na svako opterećenje hidropogona pumpa reagira ubrzanjem rada i povećavanjem tlaka ulja.

Prednosti hidrostatskog pogona jesu smanjenje broja zupčanika i kontinuirani prijenos. Pogoni se mogu montirati direktno na nosače kotača (ovjes) što olakšava manevriranje, čini zaustavljanje učinkovitijim i eliminira gubitke u prijenosu snage na području spojke.

Za velike strojeve koji se koriste za veliku vučnu silu, hidrostatski prijenos nije pogodan jer se zbog zagrijavanja ulja gubi i do 1/3 snage stroja.

Pojedine tehničke značajke (npr. radna brzina, potrošnja goriva i slično) vozila ostaju u ovome radu izvan razmatranja.

Tvrtka prvi puta pristupa realizaciji ovako kompleksnog proizvoda. Većina sklopova i dijelova (ugradbenih elemenata) proizvoda će se kupovati od vanjskih dobavljača, a manji dio će se izrađivati u vlastitim već postojećim proizvodnim pogonima.

3.1. Opis strukture proizvoda

Struktura proizvoda od posebnog je značaja za izvođenje sklapanja, ali i za samo oblikovanje proizvoda. Svrha je strukturiranja podjela rada (konstruktorsko-oblikovnog, tehnološko-izvedbenog), a cilj raščlana proizvoda na sklopove. Raščlanom proizvoda na sklopove stvaraju se osnove za vremenski i prostorno nezavisne procese.

Prilikom strukturiranja proizvoda načinjena su pojednostavnjenja strukture zbog nemogućnosti potpunog poznavanja svih elemenata od kojih će se proizvod sastojati. Riječ je o vrlo ranoj fazi razvoja složenog proizvoda, pri čemu su podaci o strukturi i geometriji (CAD modeli) novog proizvoda vrlo oskudni, odnosno nepostojeći.

U prvom koraku određivanja strukture proizvoda kao primjer uzet je postojeći sličan proizvod, te su se na osnovi njega odredili potrebni elementi strukture.

Struktura proizvoda je osmišljena na način koji pogoduje što lakšem odvijanju procesa montaže. Proizvod je raščlanjen na elemente imajući na umu njihove odnose. Elementi su umnogome pojednostavnjeni (npr. okvir je u CAD-u oblikovan kao dio, a ne kao sklop).

Osnovni ugradbeni elementi proizvoda jesu:

- kotač,
- ovjes,
- okvir,
- prednji hidrostatski pogon,
- stražnji hidrostatski pogon,
- nosač košare,
- nosač spremnika goriva,
- nosač spremnika ulja,
- nosač motora,
- nosač pumpe,

- pumpa,
- motor,
- ispušni sustav,
- spremnik ulja,
- spremnik goriva,
- košara,
- kabina,
- prednji priključak,
- zadnji priključak,
- prednji hidraulički i elektronički krug,
- zadnji hidraulički i elektronički krug.

Boja koja se koristi kod lakiranja te ostali potrošni materijal (ulje) nisu navedeni u strukturi proizvoda.

Navedenim elementima proizvod je zadovoljavajuće opisan, ako se uzme u obzir faza razvoja u kojoj se nalazi.

Kako struktura presudno ovisi o odnosima i geometriji ugradbenih elemenata, strukturiranje se moralo provoditi iterativno i usporedno s (CAD) oblikovanjem proizvoda. Stablo strukture i strukturna sastavnica [4] dani su u nastavku. Također treba posebno naglasiti da su neki sklopovi (kabina, hidrostatski pogoni) izrađeni, lakirani i predmontirani, tako da njihova struktura ovdje nije razmatrana.

Stupnjevi ugradnje

Napomena: Brojevi u zagradi unutar pravokutnika označuju potreban broj elemenata čiji je broj veći od 1.

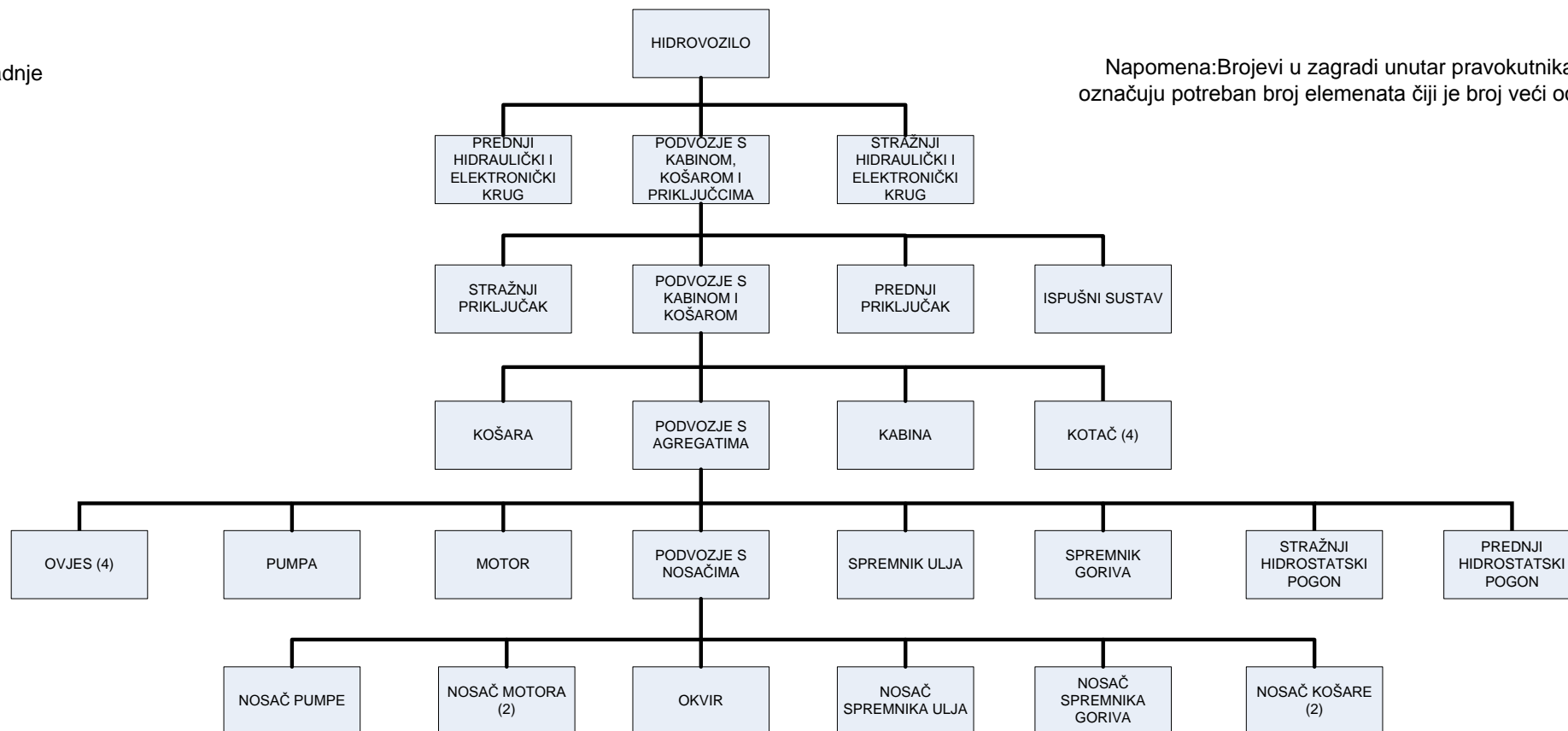
.1

..2

...3

....4

.....5



Slika 3.1. Stablo strukture

Tablica 3.1. Strukturna sastavnica

<div> FSB</div> <div>Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb</div>		STRUKTURNA SASTAVNICA								Datum izrade: 2009-02-20		K:	KI:	List:
		Naziv: H I D R O V O Z I L O				Identitet:		Broj crteža:		Listova: 2				
Stupanj ugradnje	Identitet ugradbenog dijela	Naziv ugradbenog dijela	Format crteža	Broj crteža	Broj pozicije na sklopom crtežu	K	KI	JM	Količina	Broj izmjene	Datum izmjene	S	Datum stupanja	
.1		Prednji hidraulički i elektronički krug				S		11	1					
.1		Podvozje s kabinom, košarom i priključcima				S		11	1					
..2		Stražnji priključak				S		11	1					
..2		Podvozje s kabinom i košarom				S		11	1					
...3		Košara				S		11	1					
...3		Podvozje s agregatima				S		11	1					
....4		Ovjes				S		11	4					
....4		Pumpa				S		11	1					
....4		Motor				S		11	1					
....4		Podvozje s nosačima				S		11	1					
.....5		Nosač pumpe				S		11	1					
.....5		Nosač motora				S		11	2					
.....5		Okvir				S		11	1					
.....5		Nosač spremnika ulja				S		11	1					
.....5		Nosač spremnika goriva				S		11	1					
.....5		Nosač košare				S		11	2					
....4		Spremnik ulja				S		11	1					
....4		Spremnik goriva				S		11	1					
....4		Stražnji hidrostatski pogon				S		11	1					
....4		Prednji hidrostatski pogon				S		11	1					
...3		Kabina				S		11	1					
...3		Kotač				S		11	4					
..2		Prednji priključak				S		11	1					
..2		Ispušni sustav				S		11	1					

.1		Stražnji hidraulički i elektronički krug						S		11	1				
JM - jedinica mjere:				K - karakter dijela:				KI - ključ nositelja izrade:				S - status ključ:		Broj sastavnice:	
11 - komad	31 - mm	44 - m ²	54 - m ³	D - dio u užem smislu	P - gotovi proizvod	10-ljevaonica	40-pogon održavanja					U - ubacivanje dijela		2009/01	
20 - gram	33 - cm	52 - cm ³	61 - dcl	F - fiktivni sklop	S - sklop	15-teška obrada	54-nabava					B - brisanje dijela			
21 - dkg	41 - mm ²	53 - dm ²	62 - l	M - materijal (sirovina)	T - standardni dio	20-laka obrada	55-kooperacija domaća					R - izvedeni dio			
22 - kg	42 - cm ²					30-montaža	56-kooperacija inozemna					* - alternativni dio			

3.2. Oblikovanje ugradbenih elemenata

Ugradbeni elementi proizvoda oblikovani su u programskom paketu Catia V5R18. Prilikom oblikovanja načinjena su pojednostavnjenja zbog nepoznavanja točnih oblika i dimenzija ugradbenih elemenata, ali se je pažnja posvetila dimenzioniranju svakog elementa. Neki elementi su naknadno preoblikovani, zbog toga jer je prilikom oblikovanja sklopa („sklapanja proizvoda“) došlo do problema s njihovim oblikom ili dimenzijama, pa ih se moralo prilagoditi. U nekim slučajevima to nije bilo tako jednostavno pa se moralo ponovno pristupiti osmišljanju novog načina sklapanja (što je ishodilo novom strukturom). Iz ovog se da zaključiti da je oblikovanje elemenata bilo složeno i rađeno je iterativnim postupkom.

U daljnjem tekstu opisano je oblikovanje elemenata strukture proizvoda. Elementi su apstraktni i prilagođeni su stvarnim elementima prema gabaritnim dimenzijama i oblikom koliko je to bilo moguće. Ukupno je oblikovan 21 element strukture proizvoda.

Kod oblikovanja kotača kao mjerodavna vrijednost uzela se standardna dimenzija gume 225/75 R16C. Najprije je oblikovana guma, a zatim se obruč oblikovao i prilagođavao prema njezinim dimenzijama.

Prilikom oblikovanja okvira došlo je do nekoliko problema. Okvir je morao biti takvih dimenzija da ukupna širina vozila sa svim elementima ne bude veća od 1200 mm, a njegova dužina ne veća od 3700 mm. Dimenzije okvira su se višestruko prilagođavale (nakon postavljanja ostalih elemenata). Konačne gabaritne dimenzije okvira su 750x3300 mm, a visina mu je 100 mm.

Ovjes povezuje okvir i hidrostatske pogone (prednji i stražnji). Prilikom njegovog oblikovanja pažnja je posvećena njegovoj visini. Ona direktno utječe na visinu okvira od tla, a pošto se na okvir kasnije pričvršćuju pumpa i motor preko svojih nosača, bitno je da su oni na dovoljnoj visini od tla kako bi efikasnost i upravljivost vozila ostala netaknuta. Prilagođavanje visine rađeno je u nekoliko iteracija i to nakon postavljanja motora i pumpe. Konačna visina ovjesa jest 220 mm.

Prednji i stražnji hidrostatski pogon dimenzionirani su prema postojećim pogonima proizvođača. Prema njima su prilagođene dimenzije ostalih elemenata zbog toga jer su njihove dimenzije bile poznate. Prilikom njihovog oblikovanja oblik im je pojednostavnjen zbog prevelike kompleksnosti geometrije stvarnih pogona. Pri tom se

pažnja obratila na to da se zadrže gabaritne dimenzije koje su bitne prilikom ugradnje tih elemenata.

Pumpa je oblikovana prema poznatim dimenzijama proizvođača, pri čemu se je pojednostavio njen oblik zbog prevelike kompleksnosti geometrije stvarne pumpe. Gabaritne dimenzije koje su bitne pri ugradnji su zadržane.

Nosač pumpe oblikovan je prema gabaritnim dimenzijama pumpe tako da obavlja funkciju za koju je predviđen. Prilagođen je i okviru kako bi učvršćenje bilo moguće izvršiti.

Motor je oblikovan prema poznatim dimenzijama proizvođača motora. Pri tom se je pažnja obratila na mjesta predviđena za pričvršćenje motora na njegov nosač. Mjesto za ispušni sustav je također predviđeno.

Nosač motora oblikovan je prema samom motoru. Motor ima predviđena mjesta za nosače prema kojima su oni i dimenzionirani. Nosači su prilagođeni okviru za njihovo lakše pričvršćivanje.

Spremnik ulja služi za pohranjivanje ulja potrebnog za hidrauličke i hidrostatske krugove. Prilikom dimenzioniranja gledalo se da mu volumen bude 55 litara, što je optimalna količina ulja za ugrađenu pumpu i hidrauliku [literatura??]. Pošto je predviđeno da će spremnik biti pričvršćen na vanjski dio okvira, pažnja je posvećena tome da spremnik ne izlazi iz gabaritnih dimenzija samog vozila.

Spremnik goriva oblikovan je tako da mu volumen bude 50 litara. Također je pažnja posvećena da ne izlazi iz gabaritnih dimenzija vozila pošto je predviđeno da se pričvršćuje na vanjsku stranu okvira.

Nosači spremnika ulja i spremnika goriva dimenzionirani su prema samim spremnicima. Gledalo se na to da se omogući što lakše pričvršćenje nosača na vanjsku stranu okvira.

Košara služi za prijevoz tereta. Oblikovana je tako da se zadovolje gabaritne dimenzije vozila, zadrži njegova efikasnosti i upravljivost, a da se ujedno i iskoristi sav mogući prostor za prijevoz korisnog tereta. U košaru je moguće staviti do 1000 kg korisnog tereta. Na prednjem kraju košara ima udubljenje kako bi ugradnja motora bila moguća (motor mora biti na dovoljnoj visini od tla).

Kabina je oblikovana prema dimenzijama prosječnog čovjeka, s tim da se mogu ugraditi dodatni elementi kao što su upravljačka elektronika, klima uređaj itd. Pazilo se da visina kabine ne prelazi izvan gabaritnih dimenzija vozila. Pažnja je posvećena i načinu pričvršćivanja kabine na okvir. Na prednjem dijelu kabine ostavljen je otvor kako bi se prednji priključak i prednji hidraulički i elektronički krug mogli pričvrstiti direktno na okvir što im povećava stabilnost i nosivost. Na stražnjoj strani kabine predviđeno je mjesto za pričvršćivanje ispušnog sustava.

Prednji priključak služi za priključivanje dodatnih uređaja koji su predviđeni za ovo vozilo (npr. četka za kolnik MKN). Prikazan je pojednostavljeno, a sastoji se od mjesta za priključak te hidrauličkih cilindara. Pričvršćuje se direktno na okvir kroz otvor na prednjoj strani kabine.

Stražnji priključak također služi za priključivanje dodatnih uređaja (npr. vučni posipač soli). Sastoji se od kuke i hidrauličkih cilindara. Pričvršćuje se na okvir ispod nosača košare.

Nosač košare oblikovan je prema dimenzijama košare. Pazilo se da se na stražnjem kraju košare omogući pričvršćenje stražnjeg priključka, a na prednjem dijelu se pazilo da nosač košare ne smeta motoru. Pričvršćuje se na gornju stranu okvira.

Prednji i stražnji hidraulički i elektronički krug služe za priključivanje hidraulike i elektronike priključnih uređaja i njihovu kontrolu. Predviđeno je da se pričvršćuju na prednji i stražnji priključak zbog blizine priključnim uređajima. Dimenzionirani su prema prednjem i stražnjem priključku.

Ispušni sustav oblikovan je prema dimenzijama motora i kabine. Predviđeno je da se pričvršćuje na stražnju stranu kabine, te na gornju stranu motora sa za to predviđenim nosačima.

Hidrovozilo je prikazano slikama 3.2. do 3.10.

Slika 3.2. Izometrija hidrovozila

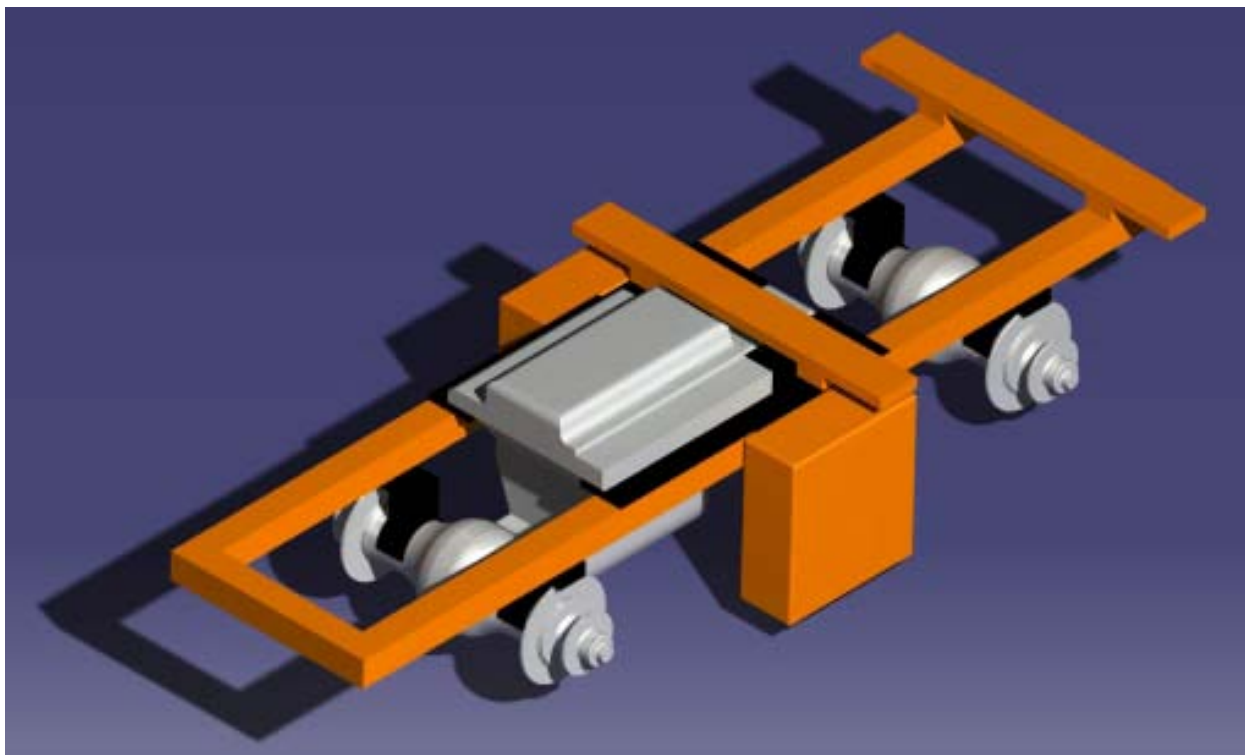
Slika 3.3. Pogled sa strane

Slika 3.4. Pogled odozgo

Slika 3.5. Pogled odozdo

Slika 3.6. Pogled sprijeda

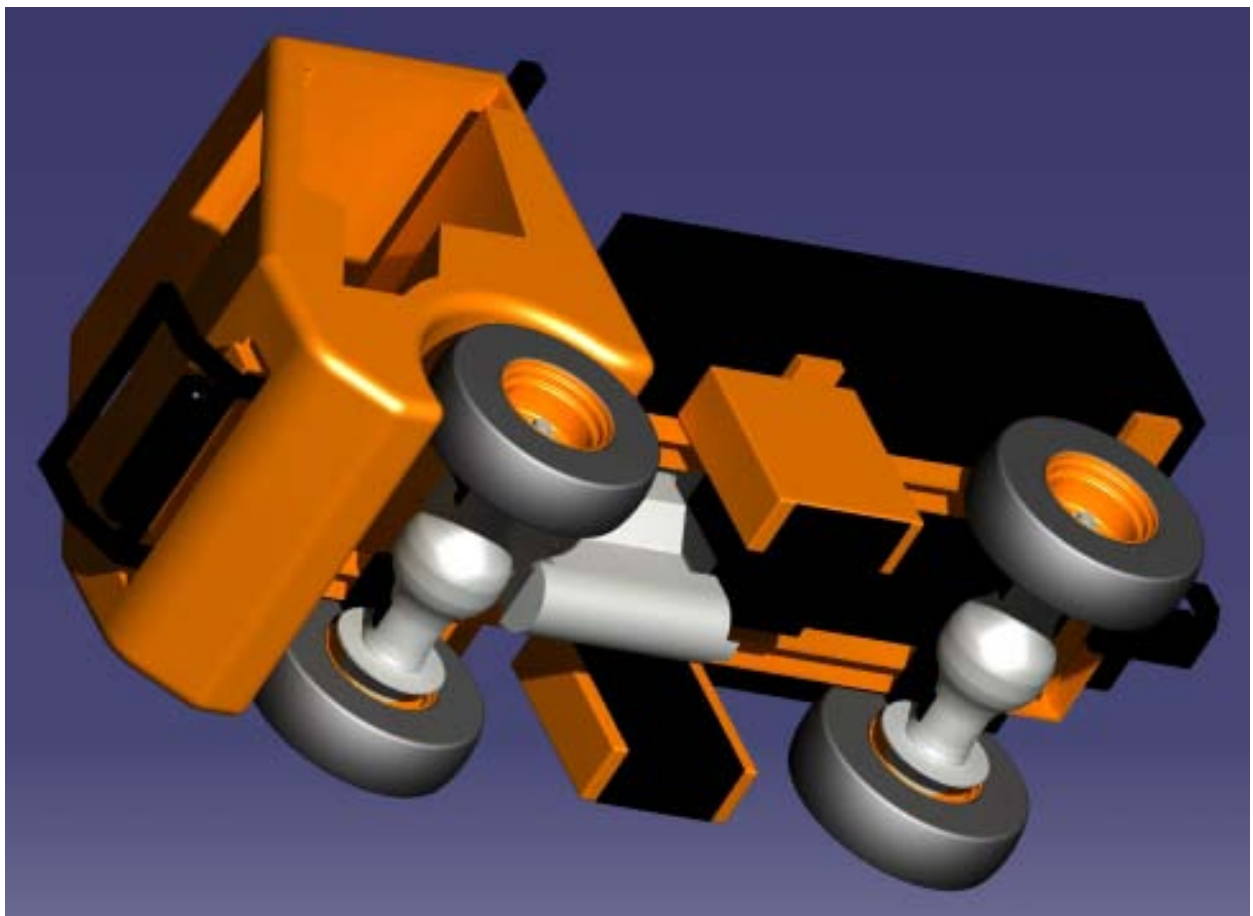
Slika 3.7. Pogled straga



Slika 3.8. Podvozje s agregatima



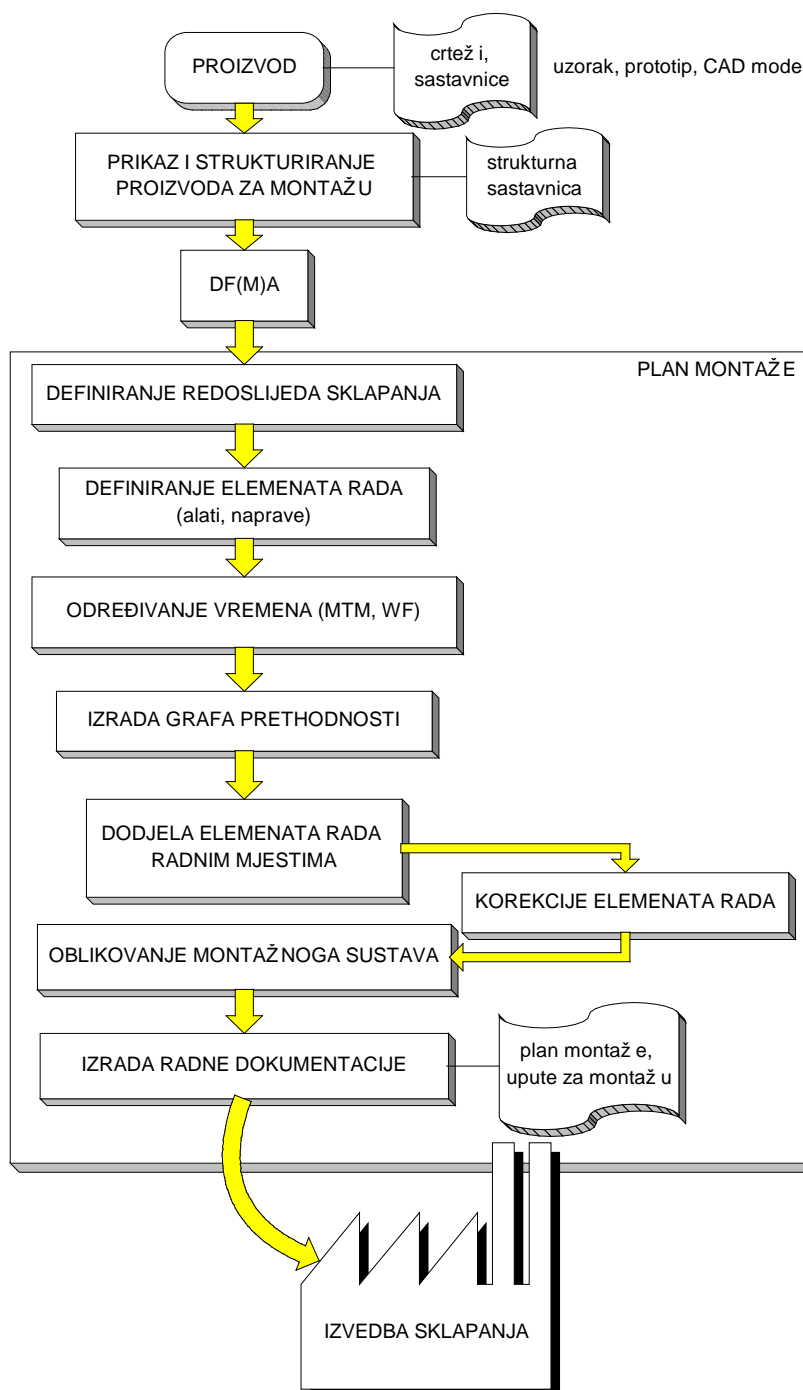
Slika 3.9. Renderirana izometrija hidrovozila



Slika 3.10. Renderirani pogled odozdo

4. OBLIKOVANJE PROCESA MONTAŽE ZA NOVI PROIZVOD

Postupak projektiranja montažnog sustava dan je slikom 4.1. Pri oblikovanju procesa montaže za hidrovozilo izvodili su se gotovo svi koraci navedeni na slici.



Slika 4.1. Postupak projektiranja proizvodnog sustava [5]

4.1 Odabir montažne metode i sustava

Budući da konstrukcija proizvoda presudno utječe na sveukupne troškove njegove realizacije, od posebnog je značaja razmatranje tehnološkičnosti proizvoda već u ranim fazama njegovog konstruiranja. Stoga će se sada izvesti odabir montažne metode i sustava, a prema Boothroydu i Dewhurstu [5].

1. Korak – Izračun investicijske sposobnosti tvrtke RI

Investicijska sposobnost tvrtke računa se pomoću izraza 4.1.:

$$RI = SH \cdot \frac{QE}{WA} = 1 \cdot \frac{50}{16,5} = 3,03 \quad (4.1)$$

pri čemu su:

$SH = 1$ -- broj smjena,

$QE = 50$ kUSD -- investicijska sredstva tvrtke,

$WA = 16,5$ kUSD -- godišnja cijena jednog radnika u montaži uključujući i režijske troškove.

2. Korak – Odabir retka u DFA karti 1 (Slika 4.2)

Podaci za odabir retka:

-- godišnja proizvodna količina po smjeni, $VS = 0,0005$ milijuna komada;

-- broj različitih dijelova u proizvodu, $NA = 22$ komada;

-- broj dijelova u proizvodu kojima će se promijeniti dizajn u prve tri godine, $ND = 0$ komada.

Budući da je: $NT < 1,5 NA$ i $ND < 0,5 NA$, a $VS < 0,2$, odabran je redak 9.

3. Korak – Odabir stupca u DFA karti 1

Podaci za odabir stupca:

- investicijska sposobnost tvrtke, $RI = 3,03$;
- ukupan broj dijelova proizvoda uključujući i one za tvorbu varijanti, $NT = 22$ komada;
- broj različitih dijelova u proizvodu, $NA = 22$ komada.

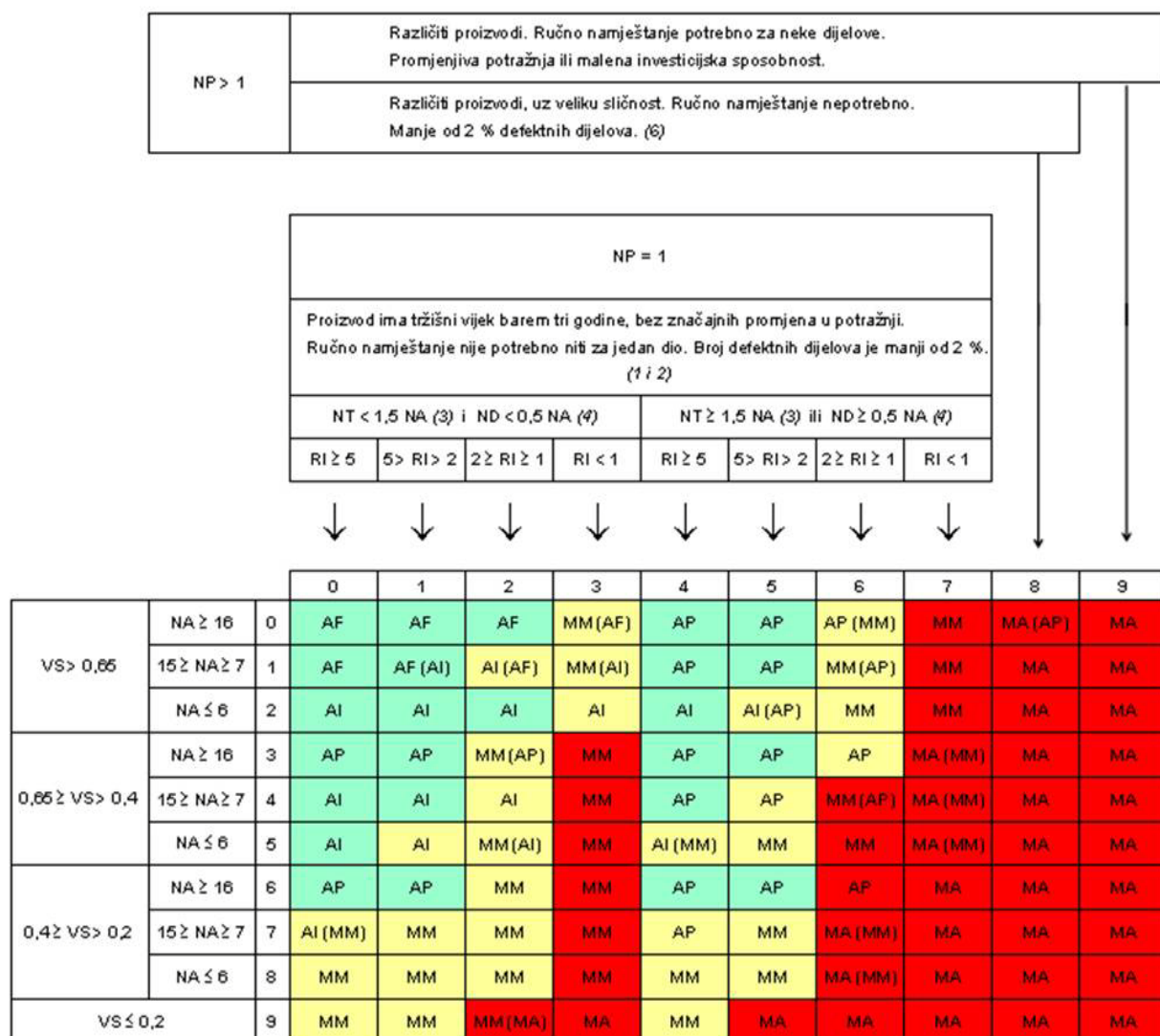
Budući da je $NT < 1,5 NA$ i $ND < 0,5 NA$, te je $2 < RI < 5$, odabran je stupac 1.

4. Korak – Rješenje

Redak 9 i stupac 1 daju polje 91 u DFA karti 1, što za rezultat ima MM sustav -- mehanizirani ručni sustav, s umjerenim troškovima.

5. Korak – Diskusija rješenja

Mehanizirani ručni sustav je bilo i očekivano rješenje odabira montažne metode, zbog relativno malog broja proizvoda koji će se montirati. Da bi se moglo pristupiti bilo kakvoj automatizaciji, broj proizvoda bi se trebao povećati iznad 200 000 komada godišnje, što je teško za očekivati, jer tvrtka (zasad) ne planira povećavati proizvodne količine iznad 500 komada godišnje.



Slika 4.2. DFA -- Karta 1 [5]

4.2 Redoslijed sklapanja

Kod oblikovanja procesa montaže određivanje redoslijeda sklapanja može biti vremenski vrlo zahtjevna operacija. Da bi se odredio redoslijed sklapanja, potrebno je poznavati strukturu proizvoda, te utjecaj koji pojedini elementi vrše jedan na drugi. Neke elemente nije moguće ugraditi bez da se prethodno ugradi neki drugi element (npr. nije moguće ugraditi spremnik ulja ako prethodno nije ugrađen nosač spremnika ulja). Teoretski za n elemenata postoji $n!$ mogućnosti sklapanja, no u stvarnim slučajevima taj broj je daleko manji upravo zbog navedenih utjecaja elemenata, te njihovih geometrijskih osobina.

Imajući na umu sva ova ograničenja i utjecaje, pristupilo se određivanju redoslijeda sklapanja.

Najprije se na okvir zavaruju nosači kako bi se omogućila daljnja montaža elemenata koji su ovisni o njima. Zavaruju se: nosač motora, nosač pumpe, nosač spremnika ulja, nosač spremnika goriva i nosači košare. Sklop koji nastaje ovim ugradnjama naziva se podvozje s nosačima.

Na podvozje s nosačima ugrađuju se elementi za koje su nosači predviđeni, a to su motor, pumpa, spremnik ulja i spremnik goriva. Također se ugrađuje i ovjes, a na ovjes se stavljaju prednji i stražnji hidrostatski pogon. Sklop koji nastaje ovim ugradnjama naziva se podvozje s agregatima.

Na podvozje s agregatima tek sada je moguće ugraditi košaru i kabinu. Da su se ovi elementi ugradili prije, bilo bi nemoguće ugraditi motor i pumpu. Također se ugrađuju kotači jer se prije nisu mogli ugraditi zbog potrebe lakiranja nakon zavarivanja. Nakon montaže kabine i košare, nastaje sklop koji se naziva „podvozje s kabinom i košarom“.

Na podvozje s kabinom i košarom ugrađuju se prednji i stražnji priključak, te ispušni sustav. Ove elemente također nije moguće ugraditi prije jer ovise o kabini i košari (npr. ispušni sustav se pričvršćuje na kabinu). Sklop koji nastaje ovim ugradnjama naziva se „podvozje s kabinom, košarom i priključcima“ i ulazi u završnu montažu.

U stupnju završne montaže na podvozje s kabinom, košarom i priključcima montiraju se prednji i stražnji hidraulički i elektronički krug. Njihova montaža prije nije bila moguća

zbog toga jer se povezuju sa kabinom, košarom te prednjim i stražnjim priključkom. nakon montaže ovih elemenata proizvod je kompletan.

Prikaz redoslijeda sklapanja dan je slikom 4.3.

Varijantnost sklapanja proizvoda ne postoji u širem smislu, moguće je eventualno promijeniti redoslijed sklapanja nekih elemenata istog stupnja ugradnje (npr. nosač pumpe i nosač motora). Ovakva varijantnost može biti pogodna u slučaju nejednolike isporuke ugradbenih elemenata od strane njihovog proizvođača u smislu da se može pristupiti montaži elemenata koji su u tom trenutku dostupni.

Stupnjevi ugradnje

.1

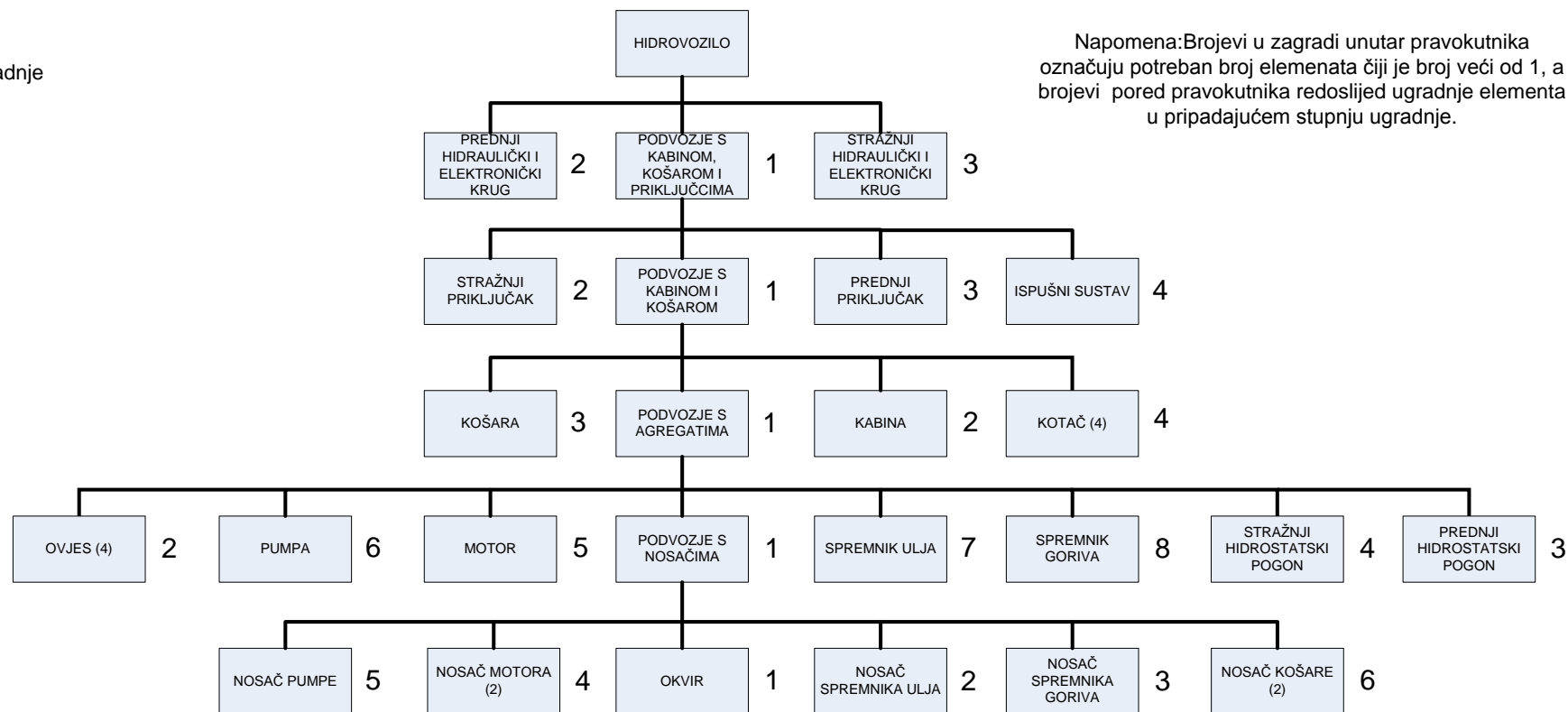
..2

...3

....4

.....5

Napomena: Brojevi u zagradi unutar pravokutnika označuju potreban broj elemenata čiji je broj veći od 1, a brojevi pored pravokutnika redoslijed ugradnje elementa u pripadajućem stupnju ugradnje.



Slika 4.3. Redoslijed sklapanja


4.3 Elementi rada i graf prethodnosti

Na osnovi postojećeg redoslijeda sklapanja definiraju se elementi rada. Svaki element rada se opisuje (što se pojedinim elementom vrši), navode se ugradbeni elementi (predmeti rada), te se navodi potrebna oprema i alat.

Nakon određivanja elemenata rada izrađuje se graf prethodnosti. Pri izradi grafa prethodnosti pažnja se posvećuje da što veći broj elemenata rada krene vremenski što prije, te da se, ako je moguće, što više elemenata rada izvršava paralelno. Paralelnost elemenata rada ubrzava proces montaže, a samim time moguće je ostvariti veće proizvodne količine u zadanom vremenskom razdoblju.

Popis elemenata rada dan je planom montaže [4] koji je prikazan tablicom 4.1. U poljima količine ugradbenih elemenata navedene su samo one vrijednosti koje su veće od 1. Graf prethodnosti dan je slikom 4.4. Na grafu prethodnosti svijetloplavi krugovi predstavljaju elemente rada kojima se vrši sklapanje, a svijetložuti krugovi predstavljaju elemente rada kojima se vrši ispitivanje.

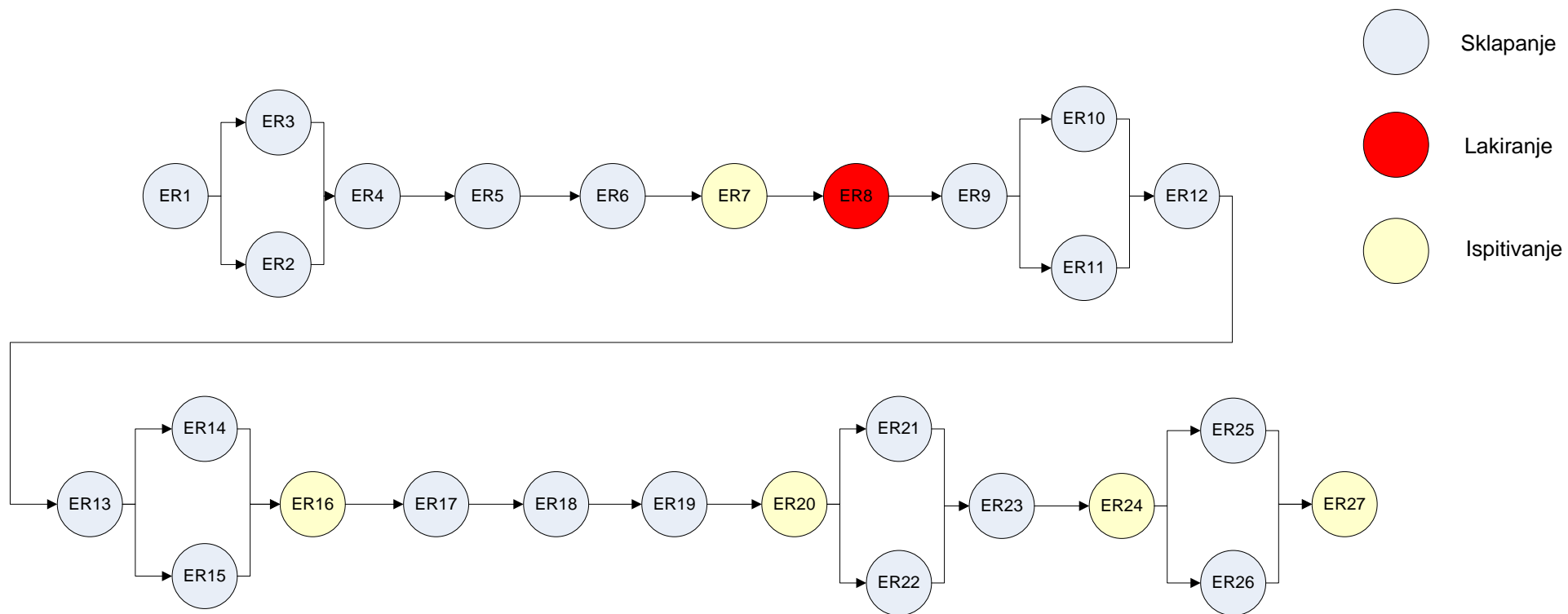
Tablica 4.1. Plan montaže

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb			PLAN MONTAŽE			Datum	Ime	Potpis	Mjesto troška:	List:		
Zamjena za:			Naziv: HIDROVOZILO		Izradio	2009-02-20	Marko Kolar		Broj radnog mjesta:	Listova:		
Zamijenjen sa:			Identitet:	Kontrolirao					Takt (minuta):	T _{pz} (minuta):		
Vrijedi, od-do:			Broj crteža:		Optimalna serija, od-do (komada):		Veličina serije (komada):		Komada/smjena:			
Oznaka radnog mjesta/stroja	Broj radnika	Oznaka element a rada	Opis elemenata rada	Ugradbeni elementi, materijal	Broj crteža/standard	Komada	Sastavnica		Sredstva za montažu, kontrolu i ispitivanje	Vrijeme izrade t _i (minuta)	Norma vrijeme t ₁ (minuta)	Kvalifikacija radnika
							List	Broj poz.				
Predmontaža	1 do 2	ER1	Učvrstiti okvir	Okvir					Alat za učvršćivanje, dizalica			
Predmontaža	1	ER2	Zavariti nosač spremnika ulja na okvir	Okvir, nosač spremnika ulja					Aparat za zavarivanje			
Predmontaža	1	ER3	Zavariti nosač spremnika goriva na okvir	Okvir, nosač spremnika goriva					Aparat za zavarivanje			
Predmontaža	1	ER4	Zavariti nosač pumpe na okvir	Okvir, nosač pumpe					Aparat za zavarivanje			
Predmontaža	1	ER5	Zavariti nosač motora na okvir	Okvir, nosač motora					Aparat za zavarivanje			
Predmontaža	1	ER6	Zavariti nosač košare na okvir	Okvir					Aparat za zavarivanje			
			Nosač košare	2								

Ispitivanje	1	ER7	Ispitivanje	Podvozje s nosačima					Uređaji za ispitivanje			
Lakirnica	1	ER8	Lakirati podvozje s nosačima	Podvozje s nosačima					Termolakirnica			
Završna montaža	1	ER9	Ugraditi ovjes na podvozje s nosačima	Podvozje s nosačima Ovjes		4			Ključevi, vijci, alat i sredstva za pričvršćivanje			
Završna montaža	1 do 2	ER10	Ugraditi prednji hidrostatski pogon na podvozje s nosačima	Prednji hidrostatski pogon, podvozje s nosačima					Ključevi, vijci, alat i sredstva za pričvršćivanje, dizalica			
Završna montaža	1 do 2	ER11	Ugraditi stražnji hidrostatski pogon na podvozje s nosačima	Stražnji hidrostatski pogon, podvozje s nosačima					Ključevi, vijci, alat i sredstva za pričvršćivanje, dizalica			
Završna montaža	2 do 3	ER12	Postaviti i pričvrstiti motor na podvozje s nosačima	Motor, podvozje s nosačima					Ključevi, vijci, alat i sredstva za pričvršćivanje, dizalica			
Završna montaža	1 do 2	ER13	Postaviti i pričvrstiti pumpu na podvozje s nosačima	Pumpa, podvozje s nosačima					Ključevi, vijci, alat i sredstva za pričvršćivanje, dizalica			
Završna montaža	1	ER14	Postaviti i pričvrstiti spremnik ulja na podvozje s nosačima	Spremnik ulja, podvozje s nosačima					Ključevi, vijci, alat i sredstva za pričvršćivanje			
Završna montaža	1	ER15	Postaviti i pričvrstiti spremnik goriva na podvozje s nosačima	Spremnik goriva, podvozje s nosačima					Ključevi, vijci, alat i sredstva za pričvršćivanje,			

Ispitivanje	1	ER16	Ispitivanje	Podvozje s agregatima					Uređaji za ispitivanje			
Završna montaža	3 do 4	ER17	Postaviti i pričvrstiti kabinu na podvozje s agregatima	Kabina, podvozje s agregatima					Ključevi, vijci, sredstva i alati za pričvršćivanje, dizalica			
Završna montaža	3 do 4	ER18	Postaviti i pričvrstiti košaru na podvozje s agregatima	Košara, podvozje s agregatima					Ključevi, vijci, sredstva i alati za pričvršćivanje, dizalica			
Završna montaža	1	ER19	Postaviti i pričvrstiti kotače na podvozje s agregatima	Podvozje s agregatima Kotač (4)					Ključevi, vijci, sredstva i alati za pričvršćivanje			
Ispitivanje	1	ER20	Ispitivanje	Podvozje s kabinom i košarom					Uređaji za ispitivanje			
Završna montaža	1	ER21	Postaviti i pričvrstiti stražnji priključak na podvozje s kabinom i košarom	Stražnji priključak, podvozje s kabinom i košarom					Ključevi, vijci, sredstva i alati za pričvršćivanje			
Završna montaža	1	ER22	Postaviti i pričvrstiti prednji priključak na podvozje s kabinom i košarom	Stražnji priključak, podvozje s kabinom i košarom					Ključevi, vijci, sredstva i alati za pričvršćivanje			
Završna montaža	2	ER23	Pričvrstiti ispušni sustav na podvozje s kabinom i košarom	Ispušni sustav, podvozje s kabinom i košarom					Ključevi, vijci, sredstva za pričvršćivanje			

Ispitivanje	1	ER24	Ispitivanje	Podvozje s košarom, kabinom i priključcima					Uređaji za ispitivanje			
Završna montaža	2	ER25	Postaviti i pričvrstiti prednji hidraulički i elektronički krug na podvozje s kabinom, košarom i priključcima	Prednji hidraulički i elektronički krug, podvozje s košarom, kabinom i priključcima					Ključevi, vijci, sredstva i alati za pričvršćivanje			
Završna montaža	2	ER26	Postaviti i pričvrstiti stražnji hidraulički i elektronički krug na podvozje s kabinom, košarom i priključcima	Stražnji hidraulički i elektronički krug, podvozje s košarom, kabinom i priključcima					Ključevi, vijci, sredstva i alati za pričvršćivanje			
Ispitivanje	1	ER27	Ispitivanje	Hidrovozilo					Uređaji za ispitivanje			



Slika 4.4. Graf prethodnosti

Grafom prethodnosti prikazan je slijed izvođenja elemenata rada. Izrada grafa prethodnosti opisana je slijedećim tekstom.

Na početku se procesa montaže na okvir (koji je i sam prethodno zavaren), zavaruju svi nosači: nosač spremnika ulja, nosač spremnika goriva, nosač košare, nosač pumpe i nosač motora. Nakon završetka zavarivanja sklop se ispituje te se pristupa lakiranju (naknadno nema zavarivanja, svi ostali sklopovi su prethodno lakirani).

Nakon lakiranja na podvozje s nosačima mogu se ugraditi svi elementi za koje su nosači predviđeni. Prije toga se pričvršćuje ovjes, a na ovjes prednji i stražnji hidrostatski pogon. Nakon toga se ugrađuju motor, pumpa, spremnik ulja te spremnik goriva. Sklop se ispituje.

Po završetku ispitivanja na podvozje s agregatima postavlja se kabina, a nakon nje i košara. Na hidrostatske pogone se postavljaju kotači što je sada nakon lakiranja moguće. Ponovno se vrši vizualna kontrola sklopa.

Kad se završi sa lakiranjem, na postavljene nosače postavljaju se spremnik ulja, spremnik goriva, motor i pumpa. Pumpa za ugradnju zahtijeva već ugrađen motor, dok se spremnici mogu ugrađivati paralelno. Nakon postavljanja agregata ponovno se pristupa ispitivanju do tada završenog sklopa.

Ako je djelomično sklopljeni proizvod prošao ispitivanje, postavlja se kabina, a nakon nje i košara. Na hidrostatske pogone se postavljaju kotači što je sada nakon lakiranja moguće. Ponovno se vrši odgovarajuća kontrola sklopa.

Nakon ispitivanja pričvršćuju se prednji i stražnji priključak, te ispušni sustav. Ovo nije moglo biti obavljeno prije, jer se oni priključuju na kabinu i na košaru. Nakon ovog pričvršćivanja slijedi ispitivanje.

Kad je ispitivanje završeno, postavljaju se prednji i stražnji hidraulički i elektronički krug, što je ujedno i završni čin montaže. Nakon ove ugradnje vrši se ispitivanje gotovog proizvoda.

4.4. Vremena sklapanja

Zbog kompleksnosti proizvoda i nedostatka iskustva, ali i kratkog raspoloživoga vremena za izradu ovoga rada, razmatran je samo jedan stupanj ugradnje, ali i najzanimljiviji: četvrti stupanj ugradnje. Naime, uvidom u postojeću radnu dokumentaciju ugradnje pumpi, manjih hidromotora, priključaka i sličnih sklopova, ustanovljeno je da bi ugradnja motora i pumpe, te ovjesa i hidrostatskih pogona po vremenu i tehničkoj složenosti mogli biti najzahtjevniji, u čitavom procesu sklapanja hidrovozila.

U četvrti stupanj ugradnje ulaze elementi: motor, pumpa, spremnik goriva, spremnik ulja, ovjes (4), prednji i stražnji hidrostatski pogon te osnovni element (bazni „dio“) podvozje s nosačima.

Vremena sklapanja bit će određena prema Boothroydu i Dewhurstu (DFA analiza proizvoda za ručnu montažu i pripadajuće karte) [5], i to za pretpostavljeni broj spojeva (zbog manjka podataka o konstrukciji proizvoda).

Pretpostavlja se da je podvozje s nosačima postavljeno na mjestu sklapanja, te da su ostali ugradbeni elementi također priređeni za sklapanje i odgovarajuće smješteni. Dakle, vremena dopreme ugradbenih elemenata, skidanja ambalaže, dekonzervacije i slična nisu uzeta u obzir.

Pretpostavlja se (iskustvo tvrtkinih zaposlenika):

- 25 spojeva po motoru,
- 10 spojeva za svaki od hidrostatskih pogona,
- 15 spojeva po pumpi,
- 5 spojeva po ovjesu (ukupno 20), te
- po 5 spojeva za svaki spremnik.

Broj rukovanja isti je kao i broj spojeva za svaki ugradbeni element. Treba naglasiti da će dobivena vremena biti optimistična, budući da će u stvarnom procesu vjerojatno biti više radnji rukovanja (preorijentiranja ugradbenih elemenata, višestruka uzimanja i odlaganja alata i slično).

Prema karti 2-1 [5] DFA metode za ručno sklapanje, potrebno vrijeme za rukovanje elementom čija je masa veća od 4,54 kg, te za čije je rukovanje potrebno 2 ili više radnika te mehanička pomoć, jest 9 sekundi. Pošto svi ugradbeni elementi imaju masu veću od 4,54 kg, za vrijeme rukovanja uzeto je 9 s.

Za rukovanje motorom, koji ima ukupno 25 rukovanja, potrebno je 225 s. Za rukovanje pumpom koje se sastoji od 15 operacija rukovanja potrebno je 135 s. Svaki od hidrostatskih pogona za rukovanje iziskuje 90. Rukovanje ovjesom traje 180 s, a rukovanje svakim od spremnika traje 45 s.

Ukupno vrijeme rukovanja u četvrtom stupnju ugradnje jest 810 s.

Pošto su vrste spojeva i načini spajanja nepoznati (nepoznavanje realnih ugradbenih elemenata), kao vrijeme potrebno za ostvarenje svakog pojedinog spoja moralo se uzeti prosječno vrijeme iz karte 2-2 [5].

Pri određivanju prosječnog vremena spojeva pretpostavlja se slijedeće:

- pri uvijanju vijaka javlja se otpor uvijanju, a kod nekih vijaka otežana je vidljivost,
- u nekim situacijama alat ne može jednostavno dostići zahtijevani položaj,
- neke dijelove je potrebno pridržavati prilikom spajanja kako bi se zadržala njihova orijentacija.

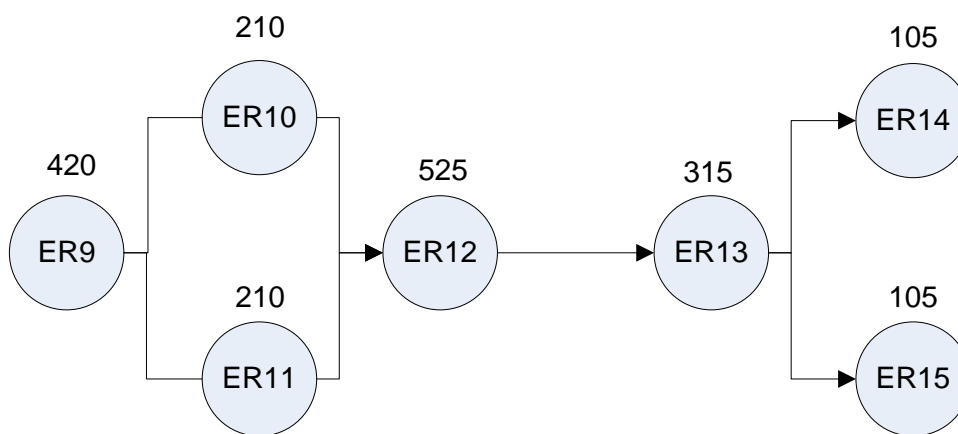
Uzimajući u obzir ove pretpostavke, vrijeme potrebno za ostvarenje jednog spoja iznosi 12 s.

Za ostvarenje svih spojeva motora potrebno je 300 s, da bi se ostvarili svi spojevi na pumpi potrebno je 180 s, spajanje svakog hidrostatskog pogona iziskuje 120 s, spajanje ovjesa traje 240 s, te spajanje svakog spremnika traje 60 s.

Ukupno vrijeme spajanja za četvrti stupanj montaže iznosi 1080 s.

Ukupno vrijeme sklapanja četvrtog stupnja montaže (uključena vremena rukovanja i vremena spajanja) iznosi 1890 s.

Elementi rada četvrtog stupnja ugradnje s vremenima potrebnim za njihovo izvršavanje prikazani su slikom 4.5.



Slika 4.5. Vremena izvršavanja elemenata rada četvrtog stupnja ugradnje

4.5 Dodjela elemenata rada radnim mjestima

Za dodjeljivanje elemenata rada radnim mjestima potrebno je poznavati ukupno vrijeme sklapanja proizvoda. Pošto je to vrijeme nepoznato, mora se pretpostaviti. Kao mjerodavna veličina uzeto je vrijeme potrebno za montažu četvrtog stupnja ugradnje. Pretpostavlja se da je četvrti stupanj ugradnje tehnički i vremenski najzahtjevniji, pa će vremena potrebna za izvršavanje ostalih stupnjeva ugradnje biti nešto manja od vremena četvrtog stupnja.

Ako se pretpostavi da je prosječno vrijeme za izvršavanje ostalih stupnjeva završne montaže (5. stupanj ugradnje je predmontaža i nije razmatran prilikom oblikovanja sustava) 1000 s, ukupno vrijeme potrebno za sklapanje proizvoda iznosi:

$$t_1 = 4\,890 \text{ s} = 81,5 \text{ minuta} = 1,358 \text{ h.}$$

Zahtijevana količina iznosi:

$$n = 500 \text{ komada/godina.}$$

Iz navedenih podataka moguće je odrediti potrebni vremenski kapacitet jednadžbom 4.2:

$$K_{POT} = n \cdot t_1 = 4\,890 \cdot 500 = 2\,445\,000 \text{ s/godina.} \quad (4.2)$$

Vremenski kapacitet po jednom radnom mjestu (jednadžba 4.3) iznosi:

$$K_{RM} = t_D \cdot n_s \cdot \eta_R \cdot \eta_T \quad (4.3)$$

gdje su:

t_D – vrijeme trajanja radne godine, s;

n_s – broj smjena;

η_R – stupanj iskorištenja radne snage;

η_T – stupanj tehničkog iskorištenja opreme.

Za vrijeme trajanja jedne godine uzeto je 6 480 000 s, broj smjena iznosi 1, stupanj iskorištenja radne snage iznosi 1, a stupanj tehničkog iskorištenja opreme 0,9. Uvrštavanjem ovih podataka u jednadžbu 4.3. dobiva se:

$$K_{RM} = 6\,480\,000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 5\,832\,000 \text{ s.}$$

Broj radnih mjesta iznosi (jednadžba 4.4.):

$$n_{RM} = \frac{K_{POT}}{K_{RM}} = \frac{2\,445\,000}{5\,832\,000} = 0,419. \quad (4.4.)$$

Broj radnih mjesta zaokružuje se na 1, što naznačuje loše vremensko iskorištenje tog radnog mjesta. Međutim, s obzirom na radnje sklapanja, ponekad su potrebne čak tri osobe (Tablica 4.1.). Nadalje, kako u proračunu vremena sklapanja nije uzeto u obzir dopremanje ugradbenih elemenata, skidanje ambalaže, dekonzervacija i slično, radnici će obavljajući te poslove, biti vremenski dodatno opterećeni.

Dakle, proistječe da bi osnovni radni tim mogao biti sastavljen od tri osobe, koje bi trebale biti polivalentne kvalifikacije.

Pri eventualnom manjem povećanju proizvodnih količina, moguće je jednostavno povećanje broja radnih mjesta/mjesta sklapanja/radnih timova. U slučaju znatnijeg porasta proizvodnih količina, treba razmotriti prelazak na linijsku montažu i povišenje stupnja mehanizacije i automatizacije.

4.6. Prostorni raspored u završnoj montaži

Sveukupni proces sadrži: izradbu, predmontažu (zavarivanje, montaža kotača), lakiranje, završnu montažu, ispitivanja i skladištenja.

U vezi rečenoga u prethodnoj točki, moguća je i izvedba završne montaže koja će sadržavati pet mjesta sklapanja (Slika 4.6), pri čemu je predmet sklapanja nepokretan, a radnici, odnosno radni timovi, mogu obavljati radnje sklapanja, bilo cjelovito, bilo prelazeći s mjesta sklapanja na mjesto sklapanja.

Četiri mjesta sklapanja omogućuju sklapanje shodno stupnjevima ugradnje proizvoda, dok je peto mjesto sklapanja rezervno.

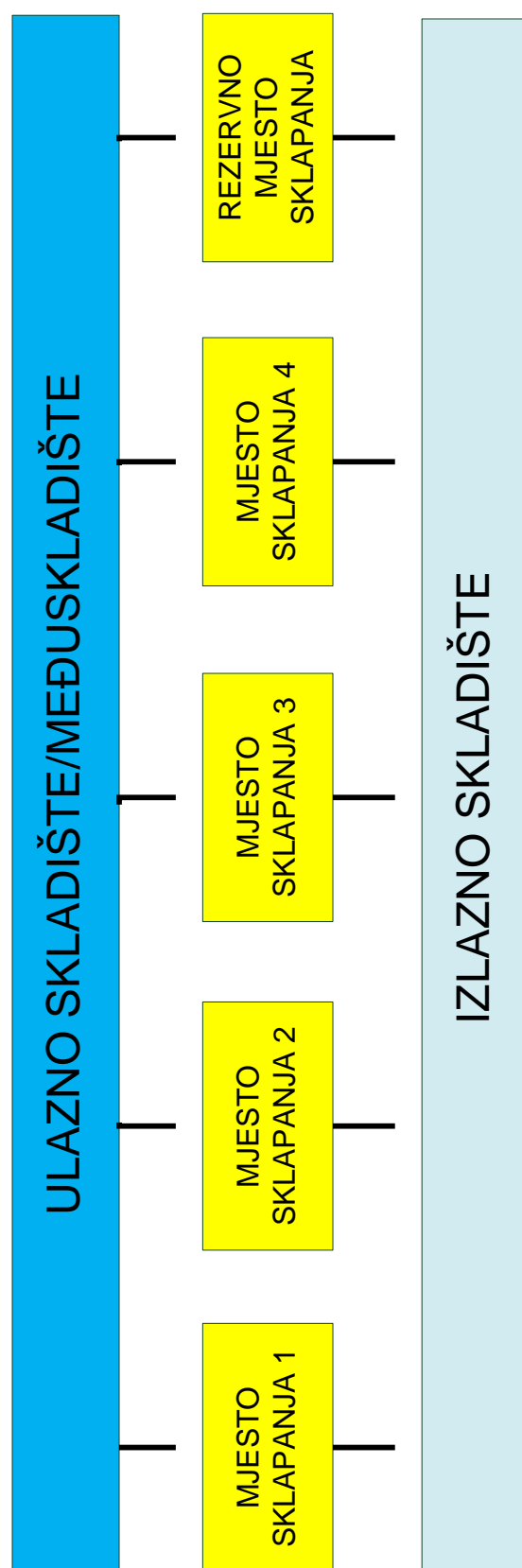
Izvedba završne montaže s pet mjesta sklapanja ima sljedeće mane:

- proizvodna površina je veća,
- broj radnika raste,
- troškovi opreme rastu.

No prednosti su navedene izvedbe završne montaže:

- niži stupanj polivalentnosti radnika (uslijed višeg stupnja podjele rada),
- fleksibilnost prema promjeni proizvodnih količina za polivalentne timove (drugo do peto mjesto sklapanja),
- neosjetljivost na zastoje (peto mjesto sklapanja),
- omogućen postupni prelazak prema linijskoj montaži (višem stupnju podjele rada, uvođenju mehanizacije i automatizacije).

Posebno treba razmotriti opterećenje kranske dizalice i potrebu za dizalicama po pojedinačnim mjestima sklapanja.



Slika 4.6 Koncept završne montaže

5. ZAKLJUČAK

Tvrtka RASCO d.o.o. usmjerena je na proizvodnju deficitarnih, a time i tržištu atraktivnih proizvoda komunalne opreme. Stalnim inovacijama i kvalitetom proizvoda te prodorom na svjetsko tržište osiguran je napredak tvrtke i širenje proizvodnih kapaciteta.

Tvrtka je uvidjela mogućnost realizacije potpuno novog proizvoda – hidrovozila, koje je vrlo traženo na tržištu komunalne opreme, te ga je stavila na svoju listu prioriteta.

Tako se u ovome radu pristupilo razvoju koncepta realizacije hidrovozila, koji je obuhvatio: strukturiranje i oblikovanje novog proizvoda, te koncipiranje budućeg montažnog sustava.

U prvom dijelu ovog rada pobliže je opisana sama tvrtka i njena politika. Naveden je proizvodni program tvrtke (Tablica 2.1), koji je podijeljen na ljetni i zimski. Također, pobliže su opisani postojeći objekti tvrtke, dani su njihovi tlocrti uz raspored opreme i gabaritne mjere (Slika 2.2 do Slika 2.7). Proizvodi koji imaju mogućnost priključivanja na hidrovozilo prikazani su slikama 2.8. do 2.13. Pobliže su opisani procesi u tvrtki koji su od posebnog značaja za ovaj rad, a to su proces razvoja i proces proizvodnje.

U drugom dijelu rada pristupilo se strukturiranju i oblikovanju hidrovozila. Prilikom strukturiranja proizvoda načinjena su pojednostavnjenja strukture zbog nemogućnosti potpunog poznavanja svih elemenata od kojih će se proizvod sastojati. Riječ je o vrlo ranoj fazi razvoja složenog proizvoda, pri čemu su podaci o strukturi i geometriji (CAD modeli) novog proizvoda vrlo oskudni, odnosno nepostojeći. U prvom koraku određivanja strukture proizvoda kao primjer uzet je postojeći sličan proizvod, te su se na osnovi njega odredili potrebni elementi strukture.

Struktura proizvoda je osmišljena na način koji pogoduje što lakšem odvijanju procesa montaže. Proizvod je raščlanjen na ugradbene elemente imajući na umu njihove odnose. Elementi su umnogome pojednostavnjeni. Kako struktura presudno ovisi o odnosima i geometriji ugradbenih elemenata, strukturiranje se moralo provoditi iterativno i usporedno s (CAD) oblikovanjem proizvoda. Ugradbeni elementi su i popisani te je načinjeno stablo strukture (Slika 3.1) i strukturna sastavnica (Tablica 3.1) koji detaljno opisuju strukturu proizvoda.

U slijedećem koraku pristupilo se oblikovanju ugradbenih elemenata u programskom paketu CATIA V5R18. Oblikovanje elemenata bilo je složeno i rađeno je iterativnim postupkom. Neki elementi su naknadno preoblikovani, zbog toga jer je prilikom oblikovanja sklopa („sklapanja proizvoda“) došlo do problema s njihovim oblikom ili dimenzijama, pa ih se moralo prilagoditi. U nekim slučajevima to nije bilo tako jednostavno pa se moralo ponovno pristupiti osmišljanju novog načina sklapanja (što je ishodilo novom strukturom). Oblikovani proizvod prikazan je slikama 3.2. do 3.10.

U trećem dijelu rada pristupilo se oblikovanju montažnog procesa i sustava za novi proizvod prema koracima (većini njih) navedenih na slici 4.1.

Najprije je izvršen odabir vrste montažnog sustava prema Boothroydu i Dewhurstu. Kao rezultat proračuna dobiven je MM sustav – mehanizirani ručni sustav s umjerenim troškovima, što je bilo i očekivano rješenje jer da se pristupi bilo kakvoj automatizaciji potrebne proizvodne količine moraju biti znatno veće od postojećih.

Određen je redoslijed sklapanja hidrovozila (Slika 4.3). Utvrđeno je da je varijantnost redoslijeda sklapanja mala (na razini jednog stupnja ugradnje).

Na osnovi postojećeg redoslijeda sklapanja definirani su elementi rada (Tablica 4.1). Svaki element rada je opisan (što se pojedinim elementom vrši), navedeni su ugradbeni elementi (predmeti rada), te potrebna oprema i alat.

Nakon određivanja elemenata rada izrađen je graf prethodnosti (Slika 4.4). Uočena je mogućnost podjele procesa montaže na predmontažu i završnu montažu (dijeli ih proces termolakiranja).

Vremena sklapanja određena su za jedan, četvrti, stupanj ugradnje, koji je tehnički i vremenski najzahtjevniji. Vremena su se odredila prema Boothroydu i Dewhurstu. Pri tome je važno napomenuti da su dobivena vremena sklapanja optimistična, te da bi se za realnije vrijeme sklapanja trebalo u potpunosti definirati proizvod i koristiti preciznije metode određivanja vremena sklapanja (naprimjer MTM). Vremena sklapanja prikazana su s pripadajućim elementima rada (Slika 4.5). Vrijeme sklapanja podvozja s agregatima iznosi 1890 s.

Na temelju izračunatih vremena sklapanja pretpostavilo se ukupno vrijeme sklapanja proizvoda i pomoću njega odredio potreban broj radnih mjesta za ostvarenje ciljanih godišnjih proizvodnih količina. Broj radnih mjesta zaokružen je na 1, pri čemu je

vremensko iskorištenje tog radnog mjesta nedovoljno. Međutim, s obzirom na radnje sklapanja, ponekad su potrebne čak tri osobe (Tablica 4.1.), tako da je primjerenije govoriti o radnom timu. Nadalje, kako u proračunu vremena sklapanja nije uzeto u obzir dopremanje ugradbenih elemenata, skidanje ambalaže, dekonzervacija i slično, radnici će obavljajući te poslove, biti vremenski dodatno opterećeni.

Uočeno je da bi završna montaža mogla biti realizirana na pet mjesta sklapanja (Slika 4.6). Pri tome su mogući različiti tehničko-organizacijski oblici, npr.:

- montaža kompletnog proizvoda na jednom jedinom mjestu sklapanja, što iziskuje polivalentne radne timove, ili,

- podjela rada prema stupnjevima ugradnje, tako da jedno mjesto sklapanja obuhvaća jedan stupanj ugradnje završne montaže.

Posljednjim se smanjuje polivalentnost kvalifikacije radnih timova, ali povećava broj potrebnih ljudi.

U oba oblika, peto radno mjesto predviđeno je kao rezervno u slučaju zastoja.

Također treba razmotriti koja je oprema potrebna na mjestima sklapanja, posebno razmatrajući opterećenje kranske dizalice i potrebu svakog mjesta sklapanja za pododatnom dizalicom.

Na kraju ovog rada načinjen je konceptualni prikaz prethodno opisanog montažnog sustava za završnu montažu.

Daljnja proširenja ovog rada moguća su u vidu ostvarenja realnijih podataka potrebnih za realizaciju projekta izrade hidrovozila. Rezultate ovog rada treba dodatno proširiti i oplemeniti. Prvenstveno treba u potpunosti definirati ugradbene elemente proizvoda kako bi se točno moglo odrediti vrijeme sklapanja, a time i precizan broj radnih mjesta, potrebne alate, broj radnika i tehničko-organizacijski oblik montažnog sustava.

6. LITERATURA

- [1] Vranješ, B.: *Tehnologija 2 – proizvodne tehnologije, Montaža*, predavanja, Zagreb, 2007.
- [2] Štorga, M. : *Informacijski modeli proizvoda*, predavanja, Zagreb, 2007.
- [3] RASCO d.o.o. :*Poslovna i radna dokumentacija*
- [4] Kunica, Z. : www.fsb.hr/~zkunica, strukturna sastavnica i plan montaže (predlošci)
- [5] Kunica, Z. : *"Oblikovanje proizvoda za sklapanje" Boothroyda i Dewhursta*, Fakultet strojarstva i brodogradnje,Zagreb, 2000.